

**ЗЕМЛЯ
И**

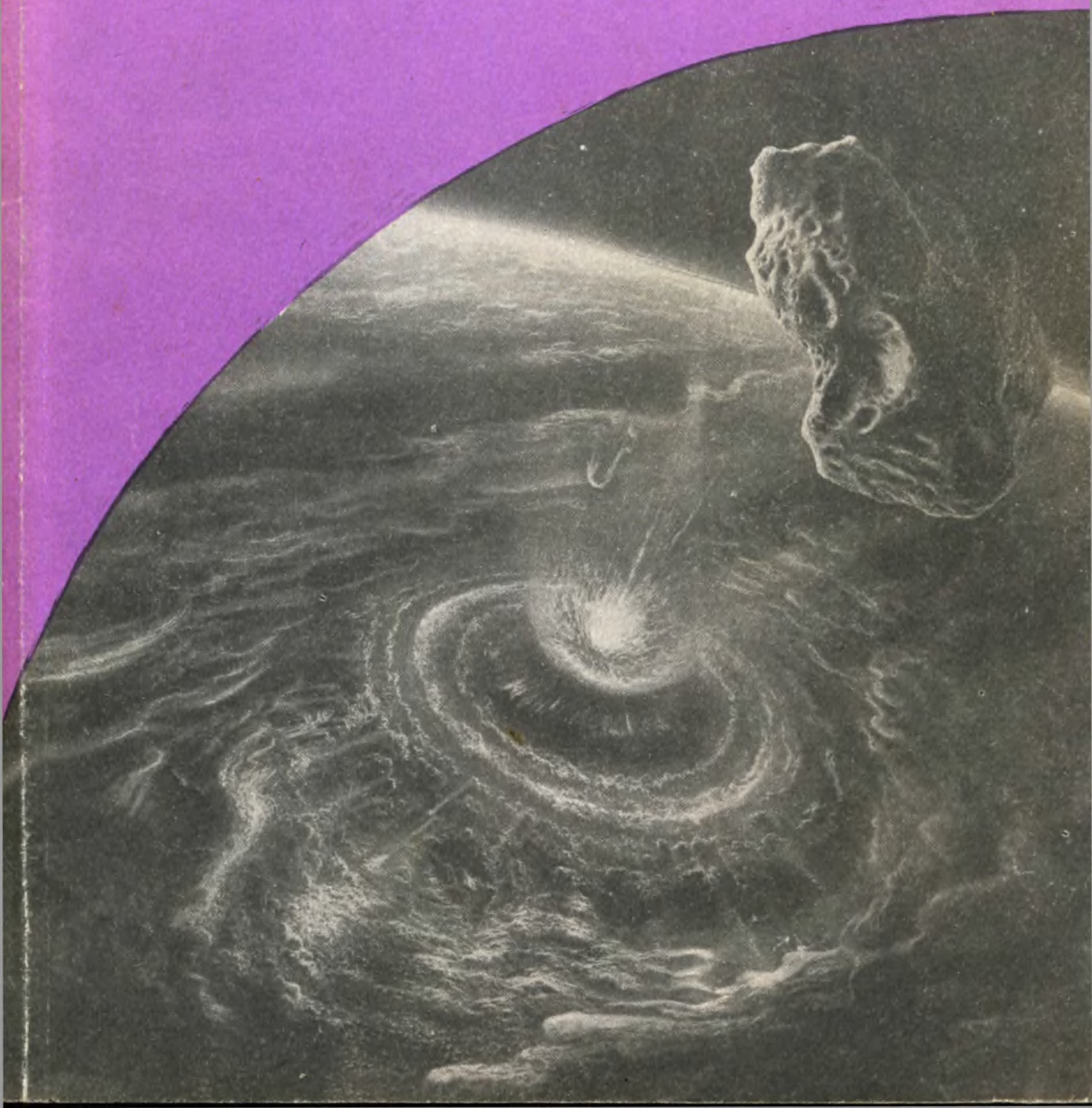
МАЙ-ИЮНЬ

3/94

ISSN 0044-3948

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

ВСЕЛЕННАЯ





В ЭТОМ ГОДУ
ЮРИЮ АЛЕКСЕЕВИЧУ ГАГАРИНУ
ИСПОЛНИЛОСЬ БЫ 60 ЛЕТ

Научно-популярный журнал
Российской Академии наук и
Астрономо-геодезического
общества
Издается с января 1965 года
Выходит 6 раз в год
Издательство «Наука», Москва



В номере:

Новости науки и другая информация: Трудности «Алексиса» [10]; Самый яркий квазар [19]; Яркий газ указывает на присутствие темной материи [20]; Создан Московский клуб астрономов-любителей [21]; Рентгеновское излучение двойного миллисекундного пульсара [21]; Изолированные нейтронные звезды [22]; Юбилей открытия 11-летнего цикла [44]; Все небо — в алмазах? [63]; Гипотеза остроумная, но ... [69]; Солнце в декабре 1993 г.— январе 1994 г. [74]; Фотографируют любители астрономии [90]

- 3 КРОПОТКИН П. Н. Тектоника плит: новые доказательства
11 МАТВЕЕНКО Л. И. Сверхзвезды — квазары
23 МИНИН И. Н. Новая Геркулеса 1934

ЭКОЛОГИЯ

- 28 БОНДАРЕВ Л. Г. Историческая экология

ЛЮДИ НАУКИ

- ПАМЯТИ Б. А. ВОРОНЦОВА-ВЕЛЬЯМИНОВА
36 ЕРЕМЕЕВА А. И. Борис Александрович Воронцов-Вельяминов — старейшина нашей астрономии (к 90-летию со дня рождения)
41 АРХИПОВА В. П., ДОКУЧАЕВА О. Д., КОСТЯКОВА Е. Б. Жизнь в науке
45 БИРЮКОВ Ю. В. Владимир Федорович Уткин (к 70-летию со дня рождения)

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

- 51 АБРАМОВ Л. С. А. А. Григорьев — создатель учения о географической оболочке (к 110-летию со дня рождения)

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 58 СУРДИН В. Г. Бурное звездообразование: от 30 Doradus до квазаров
61 БРОНШТЭН В. А. Конкурс юных астрономов и космонавтов

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 64 ФИЛИППОВ А. Э. Простая гамма планет

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ

- 70 СЕЛЬЯНОВ А. Д. Июль—август 1994 г.

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 75 ОСТАПЕНКО А. Ю. Звездный лагерь: июнь—июль
81 БАРАНСКИЙ А. В. Галактики созвездия Дракона
87 МУРТАЗОВ А. К., ШИРОКОВ А. Н. Летняя астрономическая школа в Рязани

ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ

- 92 ПУСТЫГИН Б. Н. Привод астрографа с двигателем постоянного тока



Zemlya i Vseennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per, 26, f. 1965, 6 a year; publ. by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Sciences and the Society of Astronomy and Geodesy; popular; current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Editor V. K. Abalakin; Deputies Editors V. M. Kotlyakov, E. P. Levitan

На 1-ой стр. обложки: Так представляет художник момент вхождения в атмосферу Юпитера одного из фрагментов расколовшегося ядра кометы Шумейкеров-Леви 9. Это событие, как ожидается, произойдет в период с 16—22 июля 1994 года (см. заметку на 3-й стр. обложки)
На 4-ой стр. обложки: Ракета-носитель «Циклон», разработанная под руководством В. Ф. Уткина (к ст. Ю. В. Бирюкова)

IN THIS ISSUE:

- 3 KROPOTKIN P. N. The plate's tectonics: new evidences
11 MATVEENKO L. I. Superstars — quasars
23 MININ I. N. Nova Herculis 1934

ECOLOGY

- 28 BONDAREV L. G. Historical ecology

THE MEN OF SCIENCE

- ON THE MEMORY OF B. A. VORONTSOV-VELJAMINOV
36 YEREMEEVA A. I. Boris Aleksandrovich Vorontsov-Veljaminov — the dean of our astronomy (to the 90th birthday anniversary)
41 ARKHIPOVA V. P., DOKUCHAEVA O. D., KOSTYAKOVA E. B. The life in the science
45 BIRYUKOV Yu. V. Vladimir Fyodorovich Utkin (to the 70th birthday anniversary)

FROM THE HISTORY OF THE SCIENCE

- 51 ABRAMOV L. S. A. A. Grigoriev — the founder of the theory on the geographical shell (to the 110th birthday anniversary)

SYMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES

- 58 SURDIN V. G. A violent star — forming: from the 30 Doradus to quasars
61 BRONSHTEIN V. A. A concours of young astronomers and cosmonauts

HYPOTHESES, DISCUSSIONS, SUGGESTIONS

- 64 FILIPPOV A. E. A simple gamma of planets

CELESTIAL CALENDAR

- 70 SELYANOV A. D. July—August 1994

AMATEUR ASTRONOMY

- 75 OSTAPENKO A. Yu. The stellar box: June—July
81 BARANSKII A. V. Galactics in the Draco
87 MURTASOV A. K., SHIROKOV A. N. The Summer astronomical school in Ryazan

AMATEUR TELESCOPE MAKING

- 92 PUSTYGIN B. N. A power to the astrograph with a constant current engine

Редакционная коллегия:

Главный редактор член-корреспондент РАН В. К. АБАЛАКИН
зам. главного редактора академик В. М. КОТЛЯКОВ
зам. главного редактора доктор педагогических наук Е. П. ЛЕВИТАН

доктор географ. наук А. А. АКСЕНОВ, академик В. А. АМБАРЦУМЯН, академик А. А. БОЯРЧУК, член-корр. РАН Ю. Д. БУЛАНЖЕ, доктор психол. наук Ю. Н. ГЛАЗКОВ, доктор физ.-мат. наук А. А. ГУРШТЕЙН, доктор физ.-мат. наук И. А. КЛИМИШИН, доктор физ.-мат. наук Л. И. МАТВЕЕНКО, доктор физ.-мат. наук И. Н. МИНИН, член-корр. РАН А. В. НИКОЛАЕВ, доктор физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, кандидат пед. наук А. Б. ПАЛЕЙ, доктор физ.-мат. наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Г. И. РЕЙСНЕР, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, академик В. В. СОБОЛЕВ, Н. Н. СПАССКИЙ, кандидат физ.-мат. наук В. Г. СУРДИН, доктор физ.-мат. наук Ю. А. СУРКОВ, доктор техн. наук Г. М. ТАМКОВИЧ, доктор физ.-мат. наук Г. М. ТОВМАСЯН, академик АН Молдовы А. Д. УРСУЛ, доктор физ.-мат. наук А. М. ЧЕРЕПАЩУК, доктор физ.-мат. наук В. В. ШЕВЧЕНКО

Тектоника плит: новые доказательства

П. Н. КРОПОТКИН,
академик РАН
Геологический институт РАН

Методами лазерной спутниковой геодезии измерены реальные скорости перемещения литосферных плит. Они вполне согласуются с новейшей моделью кинематики плит. Сейсмическая томография позволила уточнить их форму и проследить погружение плит в нижнюю мантию. Теорию конвекции в мантии как основы



литосферной динамики подтверждают мировые гравиметрические и геотермические карты, а карты возраста земной коры рассеивают сомнения в существовании субдукции (поддвига плит). Теория глобальной тектоники получила новые неоспоримые подтверждения.

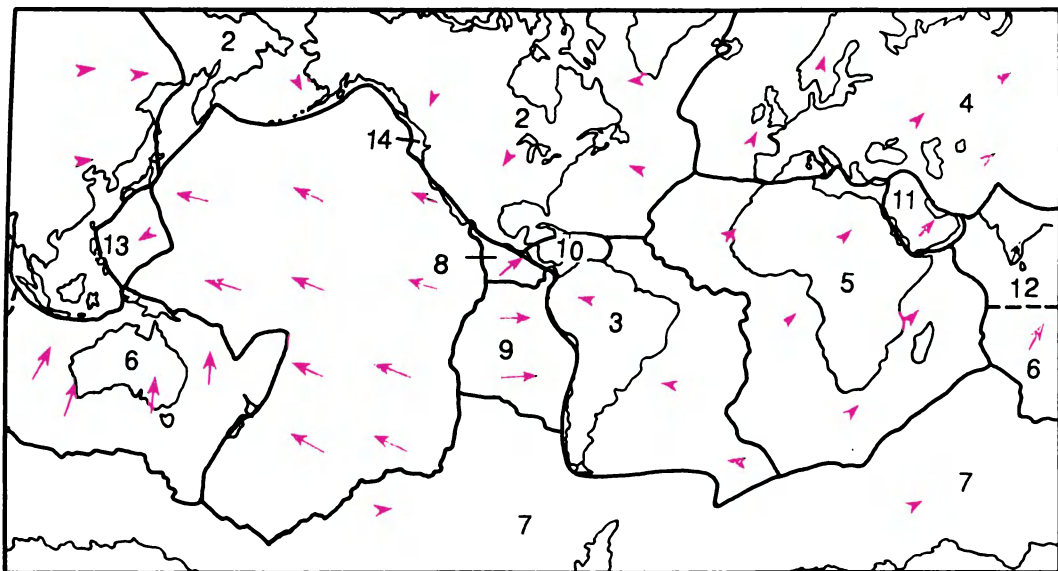
ДИСКУССИЯ ЗАВЕРШЕНА?

Основу теории тектоники плит, развившейся из концепции мобилизма Альфреда Вегенера, составляют высказанные в 1961—62 гг. предположения двух американских геологов Г. Хесса и Р. Дитца о том, что на срединных хребтах океанов земная кора разрастается и одновре-

менно погружается в глубоководных желобах (Земля и Вселенная, 1989, № 4, с. 78. — Ред.). Они приурочены к наклонным, уходящим в мантию зонам сейсмических очагов (зонам Бенъофа).

В 1963 г. геофизики из США Ф. Вайн и Д. Мэтьюз опубликовали статью, в которой чередование полос положительных и отрицательных магнитных

аномалий, параллельных срединно-океаническим хребтам, получило простое объяснение: в прошлом чередовались эпохи нормальной и обратной полярности магнитного поля Земли. Тем самым было доказано, что происходит раздвигание (спрединг) океанического дна. С учетом данных подводного бурения стала возможной датиров-



ка возраста коры всех океанов.

С 1968 г., после появления работ Дж. Моргана, Кс. Ле Пишона и др., тектоника плит стала количественной, математически обоснованной. По данным о спрединге и об ориентировке трансформных разломов, вдоль которых скользят сегменты плит, определялось их перемещение как жестких блоков, не испытывающих у поверхности значительных деформаций. Сначала были рассчитаны скорости и направления таких движений для шести главных плит, а в последней модели, опубликованной в 1990 г., — для всех остальных.

Несмотря на успешное развитие теории тектоники плит до последнего времени высказывались разного рода сомнения. Они касались самой физической возможности процесса субдукции литосферных плит и того,

насколько обоснованы масштабы и скорости их горизонтальных перемещений. Дрейф материков пытались объяснить, исходя из гипотезы о значительном расширении Земли в течение мезозоя (230—67 млн лет назад) и кайнозоя, в котором мы и сейчас живем. Но палеомагнитные данные показали, что за время, прошедшее с начала девона (410—350 млн лет назад), отклонения величины радиуса Земли в ту или иную сторону от современных значений не превышали 5—6%. Аргумент «фиксистов» (противников теории мобилизма) оказался несостоятельным. И все же дискуссия продолжалась. Лишь применение новых методов геодезии, сейсмической томографии и картографирования возраста земной коры позволяет, на мой взгляд, считать ее законченной. Точнейшие геодезические измерения доказали,

Разделение земной поверхности на литосферные плиты и их движение за последние 10 млн лет. Стрелки — направление движения. Пунктиром отмечены границы плит, нечеткие вследствие деформаций океанической коры. Цифрами указаны плиты: 1 — Тихоокеанская, 2 — Северо-Американская, 3 — Южно-Американская, 4 — Евразийская, 5 — Африканская, 6 — Австралийская, 7 — Антарктическая, 8 — Кокос, 9 — Назка, 10 — Карибская, 11 — Аравийская, 12 — Индийская, 13 — Филиппинская, 14 — Хуан-де-Фука

что взаимные перемещения литосферных плит происходят буквально у нас на глазах. Сейсмическая томография продемонстрировала реальность поддвига плит в зонах (субдукции).

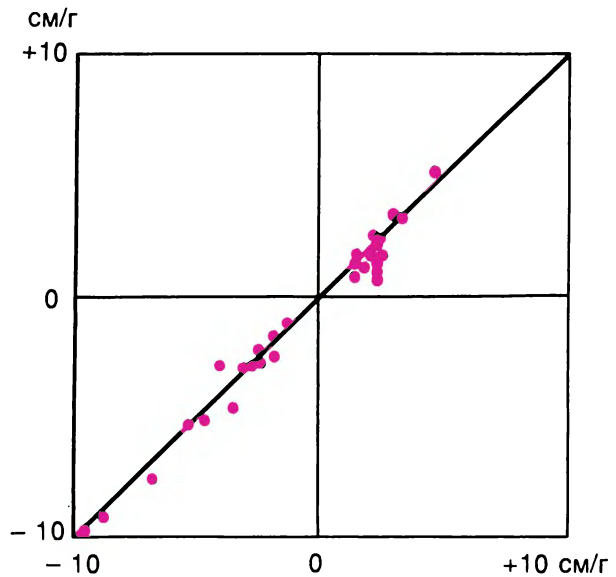
Составленная в конце 80-х гг. карта возраста земной коры развеяла сомнения в справедливости глобальной тектоники с точки зрения геологической истории. Анализ этой карты выполнили в 1987—91 гг. В. Е. Хаин, О. Г. Сорохтин и С. А.

Ушаков. Получен ответ на вопрос, почему в глубоких частях современных океанов нет коры с возрастом, более древним, чем средняя или нижняя юра (170-180 млн лет). На карте видно, что полосы океанической коры различного возраста срезаются на границах плит, где они погружаются под континент в зонах глубоководных желобов. Древняя океаническая кора перекрыта континентальными окраинами соседних литосферных плит в процессе субдукции. Элементарный анализ геологической карты не оставляет здесь никаких сомнений.

Геофизические данные обобщены в гравиметрической карте Мирового океана и геотермической карте мира, обе они согласуются с физическими моделями тектоники литосферных плит. С кинематикой плит тесно связана глобальная картина ориентации напряжений в земной коре. Она выяснена в основных чертах из анализа особенностей сейсмических волн, распространяющихся от очагов землетрясений, и обобщения результатов измерения напряженного состояния горных пород в рудниках и скважинах. Горизонтальное сжатие обычно ориентировано в том же направлении, что и вектор современного движения каждой плиты.

ИЗМЕРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВ

Взаимное перемещение станций, расположенных на разных плитах, изме-



ренное точными современными методами в 1978—88 гг., в ряде новейших работ сопоставлено с моделью кинематики литосферных плит, опубликованной в США в 1990 г. и основанной на геологических и сейсмологических данных. Движение плит в этой модели вычислялось математически, при этом определялись полюсы их вращения, ширина зон спрединга, ориентировка трансформных разломов, пересекающих срединно-океанические хребты, ориентировка смещений, происходящих в очагах землетрясений на этих разломах. Направление взаимного перемещения расходящихся литосферных плит совпадает с ориентировкой трансформных разломов и смещений в очагах землетрясений, перпендикулярной к направлению на полюс вращения обеих плит. В общей сложности для

Геодезические определения скорости (см/год) сближения (—) или удаления (+) друг от друга пар станций спутниковой лазерной геодезии, расположенных в стабильных тектонических областях на разных плитах (вертикальная шкала) в сопоставлении с предсказанными тектоникой плит (горизонтальная шкала). Прямая линия соответствует совпадению геодезических данных с модельными расчетами

подсчетов использовано 277 определений скорости спрединга на срединно-океанических хребтах по ширине полос магнитных аномалий, 121 определение направления движения плит по азимутам трансформных разломов и 724 вектора смещений в очагах землетрясений. На эту картину горизонтального движения блоков земной коры были наложены геодезические данные о перемещении фиксированных пунктов — станций на материках и островах, расположенных

на разных литосферных плитах.

За последние 15 лет точность геодезических измерений чрезвычайно возросла благодаря лазерным наблюдениям с использованием спутников и применению метода интерферометрии на сверхдлинной базе (Земля и Вселенная, 1990, № 3, с. 13). Так, например, в 1990 г. расстояние между Европой и Северной Америкой было определено с точностью до одного сантиметра. Сделано это с помощью спутника, который принял посланный с Земли сигнал и возвратил его назад. По времени прохождения сигнала к спутнику и обратно точно определяют расстояние до спутника, а затем и местоположение станции. Результаты таких наблюдений, выполненных по 22 станциям, расположенным на 7 главных плитах, совпали почти точно с моделью, разработанной на основе теории тектоники плит. Несколько более значительные отклонения отмечены по станциям, находившимся в складчатых областях у краев литосферных плит — в Калифорнии (США), Японии и Перу. Это связано с тектоническими деформациями земной коры, тогда как в модели, по которой рассчитаны перемещения, литосферные плиты считаются жесткими.

Спутниковая геодезия помогла увидеть весь ансамбль литосферных плит в динамике. Узнали, Северная Америка удаляется от Европы со скоростью 2-2,3 см в год,

расстояние между Северной Америкой (Калифорнией) и Японией сокращается каждый год на 3,4 см, между Гавайскими островами и Японией — на 6,4 см, а между Гавайями и двумя станциями в Австралии на 6,6—9,0 см. В то же время ежегодно увеличивается расстояние между Калифорнией и станцией Арекипа на побережье Южной Америки в Перу на 3,6 см, а между островом Пасхи, расположенным на литосферной плите Наска, и станцией Арекипа — сокращается на 6,3 см. Тихоокеанская плита, включающая южную часть побережья Калифорнии и Калифорнийский полуостров, смещается со скоростью 4,7 см в год к северо-западу по отношению к Северо-Американской плите. Большую часть этого сдвига между плитами поглощает смещение по разлому Сан-Андреас, идущее со скоростью 3,4 см в год. Такие же скорости определены по смещению речных русел, пересекающих разлом, за 13 тыс. лет.

Другой весьма точный геодезический метод, использованный для оценки перемещений литосферных плит — **интерферометрия на сверхдлинной базе**. Измеряются расстояния между парами радиотелескопов, принимающих излучение из космоса от внегалактических объектов. Полученные результаты вполне согласуются с рассчитанными по лазерным спутниковым измерениям. Они также совпадают с вели-

чинами, предсказанными тектоникой плит.

Двумя независимыми методами определена скорость погружения (субдукции) Индийской плиты под Евразийскую на границе, проходящей в Гималаях, — 4,6 см в год и плиты Наска под Анды Южной Америки — около 8 см в год. Часть встречного движения плит поглощается внутри них в подвижных зонах, опоясывающих складчатые деформации и надвиги. Возникает необходимость выделять внутри крупных плит более мелкие элементы — микроплиты и блоки, характеризующиеся различными скоростями и направлениями движений. Скорости перемещения блоков относительно друг друга обычно не превышают 1 см в год.

Российский геолог Л. П. Зоненшайн выделил в составе Евразийской плиты 12 плит и микроплит меньшего размера — Афганскую, Памирскую, Тибетскую, Монгольскую, Амурскую, Охотоморскую, Китайскую и др., а также несколько более мелких блоков.

Границы плит, проходящие в наиболее сейсмичных поясах, главным образом по осям срединно-океанических хребтов и в глубоководных желобах, не всегда можно считать достаточно определенными. Слабо обособлена граница Евразийской и Северо-Американской плит. Она проходит вблизи полюса вращения обеих плит, где скорости их движения относительно друг друга очень малы

и недостаточны для образования зон субдукции или рифтов.

СЕЙСМОЛОГИЯ ПОДТВЕРЖДАЕТ СУБДУКЦИЮ

Сейсмологическими доказательствами субдукции прежде считалось лишь определение наклона сейсмофокальных зон **Беньофа** и оценка той глубины, до которой, судя по распределению глубоководных землетрясений, они проникают в мантию. Было установлено, что наклон сейсмофокальных зон варьирует от 20° (под Андами Южной Америки, в верхней части зоны) до 70° (Марианская дуга), большей частью составляя 40—50°. Глубина их проникновения в мантию от 200—300 км (Критская дуга в Средиземноморье, дуги Алеутская и Антильская) до 600—700 км вблизи дуги Зондских островов и в Тихоокеанском поясе. Однако реальные очертания погружающихся плит, их толщина и нижние границы оставались неизвестными.

Сейсмическая томография, получившая развитие за последние 10—15 лет, позволила ответить на эти вопросы. Определяя в трехмерном пространстве контуры аномалий скорости распространения сейсмических волн на глубине, она показывает реальные очертания погруженных плит, их форму и степень проникновения на глубину.

Погруженные при субдукции литосферные плиты обычно имеют температуру на 500—750° бо-

лее низкую, чем окружающая мантия, и соответственно, более высокую плотность. Так как скорость распространения сейсмических волн возрастает с увеличением плотности, погруженные плиты характеризуются **аномальным повышением скорости волн** по сравнению со скоростью в верхней мантии на таком же уровне глубины. Обычно сейсмические волны проходят в них на 0,5—3,5% быстрее.

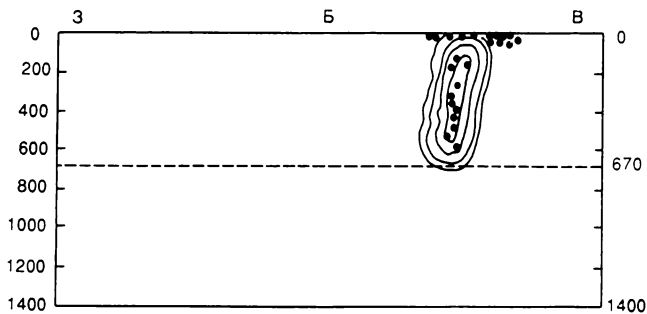
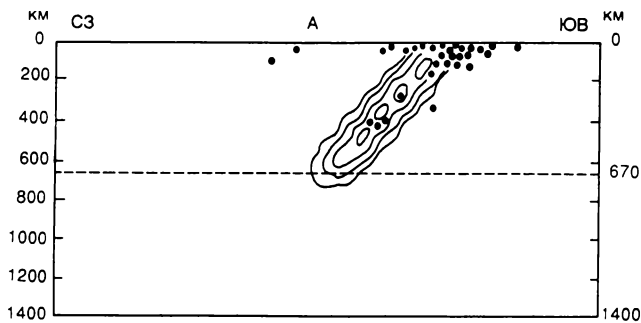
С помощью сейсмической томографии установлено, что в районе **Курильской гряды** погруженные плиты имеют толщину 120—150 км и отчетливо видны до глубины 720 км. Для другого района Тихого океана — **Марианской дуги**, как показали К. Кригер и Т. Джордан в 1991 г., погружение плиты под углом 60—70° переходит на глубине 300 км в погружение по вертикали, наблюдающееся **до глубины 1350 км**. Проникновение плит на глубину более 1000 км установлено также на продолжении Курило-Камчатской, Японской и Идзу-Бонинской сейсмофокальных зон.

Сейсмическая томография позволила обнаружить в нижней мантии на глубине от 1300 до 2300 км широкий **кольцеобразный пояс** в Тихоокеанской области, в котором возрастают скорости волн, а соответственно, и плотность мантии. Этот пояс располагается приблизительно под зонами субдукции Тихоокеанского подвижного пояса и восточной Антар-

ктидой. Поэтому, как полагают Дж. Вудхауз и А. Дзевонский, кольцевая зона повышенных плотностей в нижней мантии связана с погружением в нее материала литосферных плит, испытавших субдукцию.

Некоторые исследователи (Р. Жанлоз, П. Силвер) подчеркивают трудности в проблеме конвекции, связанные с наличием плотностного **барьера на глубине 650—670 км**, препятствующего субдукции. На этой глубине в переходном слое мантии происходит значительное возрастание скорости сейсмических волн и, соответственно, плотности вещества. Барьер преодолевается, по-видимому, благодаря тому, что в зонах субдукции происходит химико-плотностная **дифференциация** вещества литосферных плит, погружающихся в мантию. Такая дифференциация происходит под островными дугами и складчатыми областями, формирующимися над погружающимися литосферными плитами.

Как заметил К. Вадати (1935 г.), а затем подчеркнул А. Н. Заварицкий (1946 г.), в тех местах, где сейсмофокальные зоны погружены на глубину от 100—180 км, над ними наблюдается интенсивный вулканизм. Извергающаяся лава включает базальты, андезиты, дациты и риолиты. Такой состав лавы характерен как для островных дуг, так и для материковых областей, под которые погружаются литосферные плиты, например, в Андах или в



Профили сейсмической томографии поперек Курильской дуги (А) и Марианской дуги (Б); отношение горизонтального и вертикального масштабов 1:1. Указаны изолинии аномального повышения скорости продольных волн по отношению к значению, характерному для мантии в целом на соответствующей глубине. В пределах плит, погруженных в мантию в процессе субдукции, превышение скорости в осевой части составляет от 1 до 3 %. Точки — очаги сильных землетрясений

тельную глубину, литосферные плиты утрачивают легкие компоненты при выплвлении того материала, из которого образуются магмы основного, среднего и кислого состава, уходящие вверх. В итоге, на глубине 100—180 км плиты изменяют свой состав в сторону уменьшения кислотности. Потеряв SiO_2 , Al_2O_3 и щелочи, они приобретают плотность, достаточно высокую для того, чтобы затем погрузиться в нижнюю мантию в качестве более тяжелого тела.

Каскадных горах. О. Г. Сорохтин, Л. В. Дмитриев и Г. Б. Удинцев показали, что магмы таких вулканических поясов выплавлены из погруженной при субдукции плиты. «Островные дуги можно рассматривать как зародыши новой континентальной коры, которые, причлениваясь к континентам, наращивают их площадь...», — писал в 1979 г. Л. П. Зоненшайн.

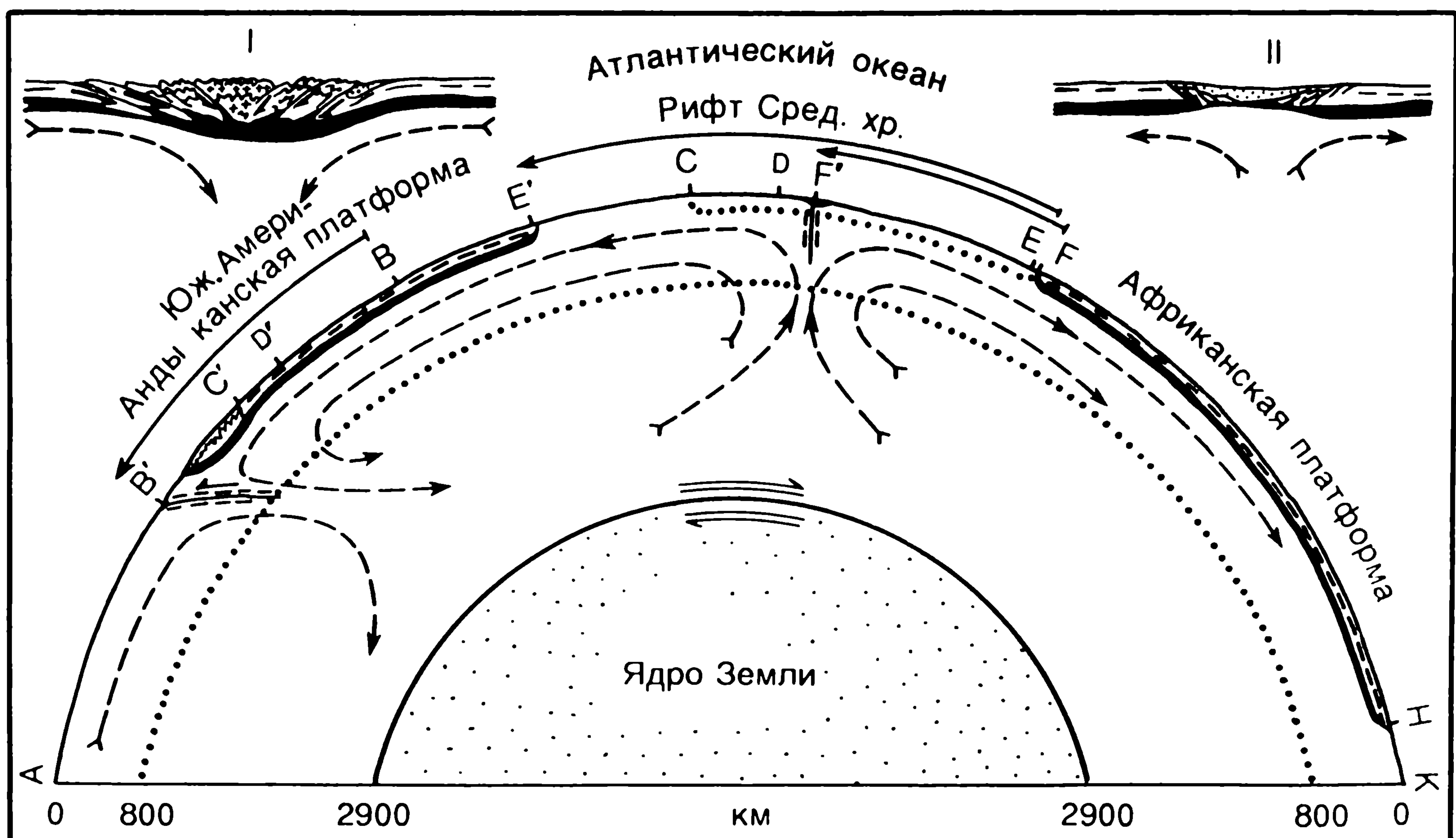
КОНВЕКЦИЯ В МАНТИИ

В результате геофизических исследований последнего времени конвекция в мантии в общих чертах представляется как круговорот вещества, захватывающий не только верхнюю, но и нижнюю мантию вплоть до самых

глубоких ее слоев. В зарубежных исследованиях доминирует гипотеза тепловой конвекции без учета механизма химикоплотностной дифференциации. В качестве источника энергии рассматривается распад радиоактивных элементов в ядре Земли и в нижней мантии. Но такой механизм конвекции, по-видимому, недостаточен для того, чтобы обеспечить энергетiku сейсмических и тектонических процессов. Можно согласиться с мнением Е. В. Артюшкова, высказанным в его монографии «Геодинамика» (1979), что «тепловая конвекция лишь сопровождает химическую конвекцию, связанную с дифференциацией по плотности».

Не вызывает сомнения подъем наименее плотного, наиболее нагретого и пластичного материала астеносферы в зонах спрединга на срединных хребтах океанов. Присутствие неплотного мантийного материала на глубинах до 50-100 км доказывается гравитационными аномалиями в осевых зонах Срединно-Атлантического хребта, Восточно-Тихоокеанского поднятия и в некоторых частях Индийского океана. Аномалии силы тяжести составляют в этих областях 150-250 мГал, тогда как в остальных частях Мирового океана, за вычетом шельфов, они варьируют от 250-300 мГал до 400 мГал.

Еще более отчетливо прослеживается на геотермической карте мира связь зон наиболее высокого теплового потока



Движение материковых глыб и образование складчатых хребтов и океанических впадин по теории подкорковых конвекционных течений: «базальтовый» слой (нижний слой земной коры континентов); сейсмичные глубинные разломы (стрелкой у B' показано надвигание масс в сторону Тихого океана); движение оболочки (мантии) по ядру Земли, устанавливаемое по современному дрейфу магнитного поля; прежнее положение Южно-Американской платформы (CDE); конвекция (подкорковые течения в мантии). AB' — Тихий океан, B' — Перуанско-Чилийский желоб, в котором в результате субдукции литосфера плиты Наска погружается под Южную Америку; $B'C'$ — современная геосинклинальная система и складчатое сооружение Анд; $C'D'E'$ — Южно-Американская платформа (в том числе $C'D'$ — Предандийский прогиб); $E'F'F'$ — Атлантический океан; F — прежнее положение рифта, из которого развилась впадина Атлантического океана I — субдукция, II — спрединг

(более 100 мВт/м^2 , а кое-где — до $300\text{-}380 \text{ мВт/м}^2$) со срединными хребтами Атлантического, Северного Ледовитого, Индийско-

го и Тихого океанов. Все это не оставляет сомнения в том, что пониженная плотность верхних слоев мантии в этих зонах связана с повышенной ее температурой, обеспечивающей выплавление базальтовой магмы.

В процессе спрединга каждый год образуется новая океаническая кора на суммарной площади около 3 км^2 . В зонах субдукции ежегодно погружается и исчезает с поверхности около 300 км^3 литосферы. Такой же баланс, как по площади коры в зонах спрединга и субдукции, должен иметь место и в объемах нисходящих и восходящих течений в мантии. Мантийные струи и диапиры, образующиеся при поднятии глубинного вещества в верхнюю мантию, происходят, по-видимому, из очень глубоких слоев мантии.

Таким образом, новейшие данные сейсмической томографии свидетельст-

вуют в пользу моделей сквозной конвекции, которая связывает геодинамические процессы, происходящие у поверхности Земли, с тем, что происходит в нижней мантии. На эти процессы, стимулируя их в связи с выжиманием снизу вверх наиболее пластичного (более нагретого или отличающегося по своему химизму) вещества в мантии под действием тангенциального сжатия, могут быть, влияют знакопеременные изменения радиуса Земли.

На существование глобального механизма накопления и высвобождения энергии сжимающих напряжений указывают результаты сравнительных исследований, недавно опубликованные шведскими сейсмологами. Сопоставлялись изменения количества сейсмической энергии, освобождающейся ежегодно в течение 1917—1987 гг. в коре Восточно-Европейской плат-

формы в пределах Фенноскандии и в северной части Срединно-Атлантического хребта. Изменения суммарной энергии землетрясений, осредненные по 5-летним интервалам по двум этим регионам, хорошо коррелируют, а также совпадают с тенденцией изменения суммарной энергии всех землетрясений земного шара, выявленной в 1978 г. японским геофизиком Х. Канамори. Она в основном отражает сейсмичность, характерную для совершенно иной обстановки, чем в первых двух случаях, а именно —

для условий сильнейшего сжатия и субдукции плит в пределах Тихоокеанского пояса. Во всех трех регионах количество сейсмической энергии изменяется от минимумов к максимумам в 40—100 раз. В 1940—46 гг. наблюдается понижение энергии, на 1947—50 гг. приходится ее минимум, затем в 1951—60 гг. подъем и снова понижение до 1970—73 гг.

Эти данные говорят о том, что несмотря на большие различия в характере тектонических процессов в различных регионах, на высвобож-

дение энергии упругих деформаций при землетрясениях влияют какие-то общие, глобальные причины. Возможно, это значительные изменения радиуса Земли.

Таким образом, геофизические и геодезические исследования последнего времени внесли много нового в понимание геодинамических процессов и подтвердили, что основу их составляют горизонтальные перемещения литосферных плит, рифтообразование и спрединг в зонах расхождения, складчатость и субдукция в зонах их сближения.

Из новостей зарубежной космонавтики

Трудности «Алексиса»

25 апреля 1993 г. американскими специалистами с помощью нового носителя «Пегас» (Земля и Вселенная, 1993, № 3, с. 85) на околоземную орбиту был выведен исследовательский спутник «Алексис» (Array of Low-Energy X-ray Imaging Sensors — ряд рисующих датчиков низкоэнергетического рентгеновского диапазона). Но после того, как спутник достиг расчетной высоты в 750 км, выяснилось, что он понес большие потери. По меньшей мере одна из панелей солнечных батарей оказалась оторвана, а кроме того, группе управления не удалось установить надежную связь с космическим аппаратом.

Лишь к 5 июля связь удалось наладить, и 11 июля на борт спутника ушла команда о начале научных наблюдений. Однако один из магнитометров так и не вышел на расчетный режим работы, усложняя ориентирование аппарата в пространстве. В августе связь с аппаратом вновь прервалась, и ученые приготовились к худшему, но через две недели аппарат был снова «найден». В сентябре его энергетическая система уже могла давать достаточно электричества для возобновления наблюдения, и эксперименты продолжились.

Этот спутник (массой 107 кг) был разработан и запущен в космос специалистами Лос-Аламос-

ской национальной лаборатории. Он предназначен для картографирования неба в диапазоне между областями дальнего ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучения. Каждый из шести его телескопов, имеющих поле зрения 30°, измеряет радиацию в энергетических диапазонах от 50 до 100 электронвольт. Разрешение в 0,5° позволит зарегистрировать и кратковременные и локальные события. Стоимость космического аппарата оценивают в 17 млн долларов.

Space News, 1993, 12, 4

Сверхзвезды — квазары

Л. И. МАТВЕЕНКО,
доктор физико-математических наук
ИКИ РАН

30 лет назад были открыты одни из самых диковинных объектов Вселенной — квазары. Все эти годы читатели «Земли и Вселенной» имели возможность следить за квазарной эпопеей, как всегда получая информацию из «первых рук»,



поскольку авторами публикуемых материалов были сами исследователи квазаров. Данная статья открывает небольшую серию публикаций, приуроченных к 30-летию открытия «сверхзвезд».

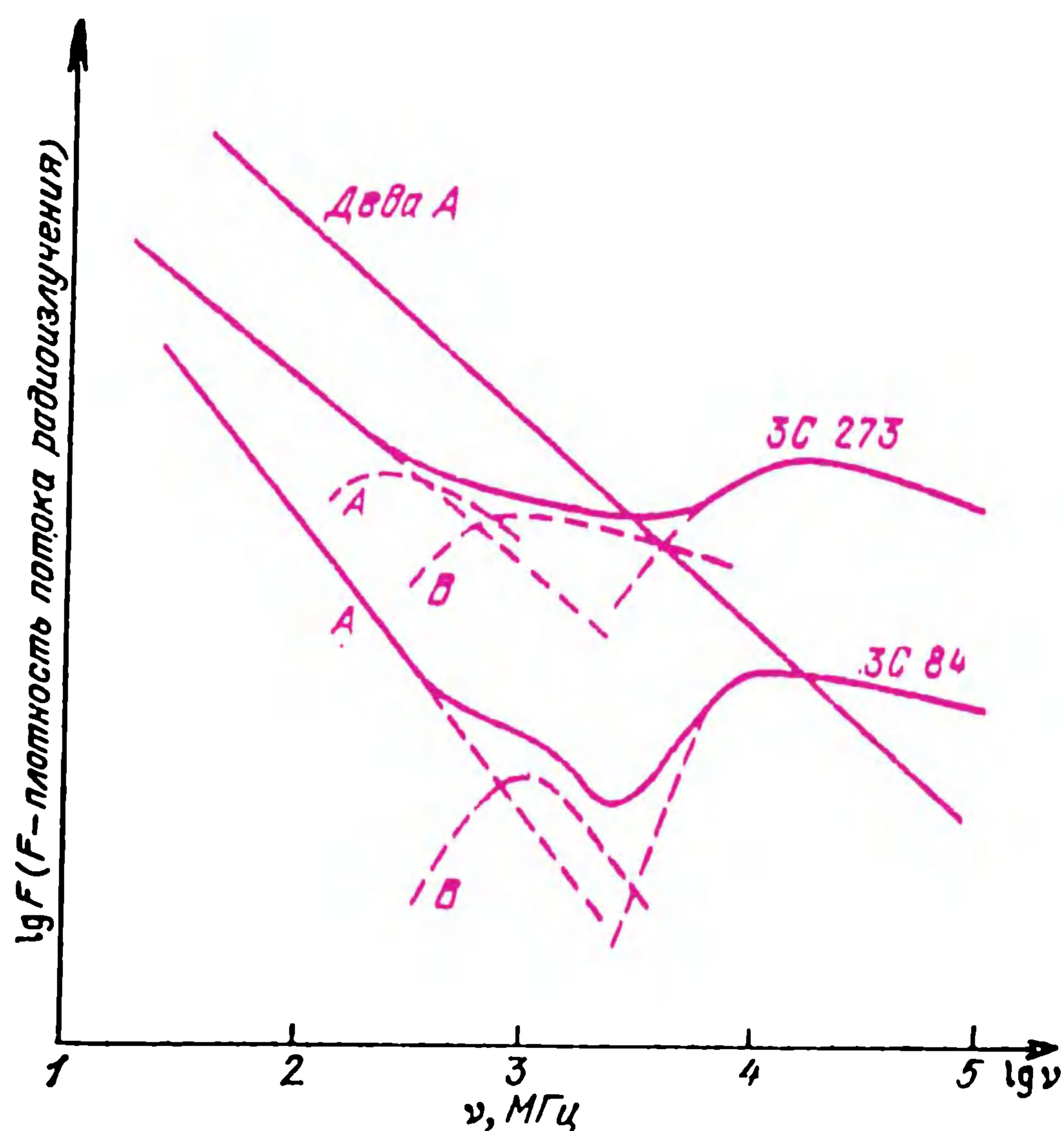
ОТКРЫТИЕ ПЕРВЫХ КВАЗАРОВ

С бурным развитием радиотехники в военные и особенно послевоенные годы связаны астрономические исследования в широком диапазоне радиоволн. Оказалось, что большинство известных астрономических объектов представляют собой источники радиоизлучения, в том числе остатки вспышек сверхновых и галактики, включая и нашу. Их радиоизлучение определяется высокоэнергичными электронами, дви-

жующимися в магнитных полях. Это излучение быстро спадает по степенному закону с увеличением частоты и связано с распределением электронов по энергиям. Такое излучение впервые наблюдалось в ускорителях элементарных частиц (синхрофазотронах), отсюда и его название — **синхротронное излучение**.

С первых шагов радиоастрономия вторглась в самую суть исследования физических процессов, протекающих в астрономических объектах. Астрофизики стремятся ис-

следовать весь спектр электромагнитного излучения объектов, определить распределение электронов по энергиям. Как только такая возможность появляется, измерения переносятся в диапазон сантиметровых, а в дальнейшем и миллиметровых радиоволн. Подобные измерения проводились у нас в стране на волне 8 см на антеннах Центра дальней космической связи в Евпатории и на 22-метровом радиотелескопе радиоастрономической станции Физического института в



Спектры нескольких источников радиоизлучения: гигантской эллиптической галактики Девы А, квазара 3С 273 и сейфертовской галактики 3С 84. В логарифмическом масштабе спектр изображается прямой линией. Чем выше энергия электронов, тем выше их частота и тем быстрее они ее теряют. Штриховыми линиями показаны отдельные спектральные компоненты

сантиметровом-миллиметровом диапазоне длин волн, где исследователей поджидали неожиданности. Радиоизлучение ряда объектов на сантиметровых-миллиметровых волнах оказалось существенно выше, чем это следовало из их степенных спектров на низких частотах. Спектры имели **высокочастотные избытки**. Это означало, что в них имеется излишек высокоэнергичных электронов, а, следовательно, там либо есть источники релятивистских частиц, либо действует некий механизм ускорения, компенсирующий потери энергии.

Трудно себе представить, чтобы такой источник инжектировал строго стационарный поток релятивистских частиц, и как показал Г. Б. Шоломицкий, радиоизлучение этих объектов должно меняться. В ходе последующих измерений, выполненных в США (Дент и Хеддок) и у нас в стране, **выявилась**

переменность радиоизлучения радиоисточников с высокочастотными избытками.

Теоретические исследования И. С. Шкловского и Л. М. Озерного подтвердили, что наблюдаемое явление определяется синхротронным излучением **облака релятивистских электронов**, выброшенным из ядра квазизвездного объекта. Первоначально оно имеет высокую плотность частиц, и полное излучение электронов видно только на высоких частотах, где облако прозрачно. На низких частотах излучение глубоких центральных частей облака поглощается своими же релятивистскими электронами, расположенными во внешних слоях. По мере расширения облака плотность частиц снижается, оно становится прозрачным и на низких частотах. Одновременно уменьшается энергия электронов, и радиоизлучение переносится из

высокочастотной в низкочастотную часть спектра.

Первыми объектами этого класса были источники из Третьего кембриджского каталога — 3С 48, 3С 84, 3С 273, 3С 345 и ряд других. Сегодня мы представляем себе природу таких объектов, но в начале 60-х гг. это было далеко не так. Прежде всего нужно было отождествить их с оптически видимыми объектами — узнать к какому типу или классу они относятся. Что было далеко не просто.

Напомним, радиоволны в сотни тысяч раз длиннее оптических и угловое разрешение радиотелескопов, даже самых больших, существенно ниже оптических инструментов. Так, радиотелескопы с размерами зеркал в несколько десятков метров даже на миллиметровых волнах дают угловое разрешение ниже разрешения невооруженного глаза. Однако важность задачи стимулировала изобретательность ученых.

ЛУНА — ЕСТЕСТВЕННЫЙ ЭКРАН

Физики и астрофизики додумались воспользо-

ваться естественным экраном — Луной. Передвигаясь по небесной сфере, она закрывает те или иные астрономические объекты. При приближении такого естественного экрана к радиоисточнику возникает дифракционная картина, вид которой зависит от распределения яркости и угловых размеров исследуемого объекта. Впервые на эту возможность обратили внимание Г. Г. Гетманцев и В. Л. Гинзбург.

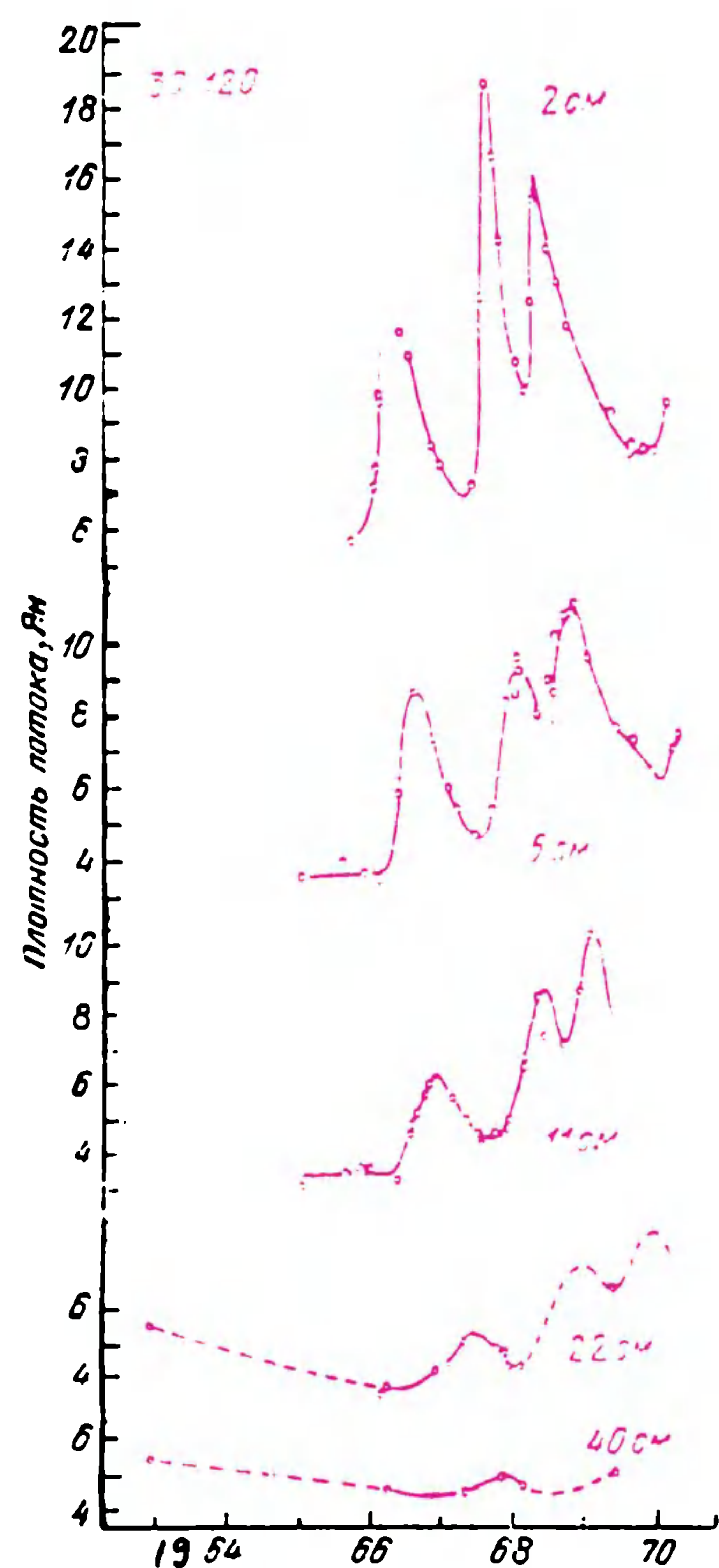
Радиоастрономам повезло. По счастливой случайности источник ЗС 273 затмевается Луной. 5 августа 1962 г. происходило его затмение (покрытие), которое можно было наблюдать в южном полушарии. Австралийские радиоастрономы (Хазард, Макки и Шимминс) провели измерения затмения объекта на волне 75 см. Когда Луна приблизилась к источнику, возникла дифракционная картинка, зарегистрированная в виде возрастающей по амплитуде синусоиды. Было установлено, что объект имеет сложную структуру, состоящую из компактного источника — В и протяженной компоненты — А. Полученным результатам придавалось настолько большое значение, что они были немедленно размножены и отправлены (для гарантии разными самолетами!) в центр обработки.

Следующее затмение происходило в 1964 г., но его можно было наблюдать только в северном полушарии, что и было сделано Г. Б. Шо-

ломицким, Н. Ф. Слепцовой и Л. И. Матвеевко на большой антенне Центра дальней космической связи в Евпатории (на волнах 8 и 32 см). Оказалось, что высокочастотный избыток связан с компактным объектом, а протяженная компонента имеет обычный спектр.

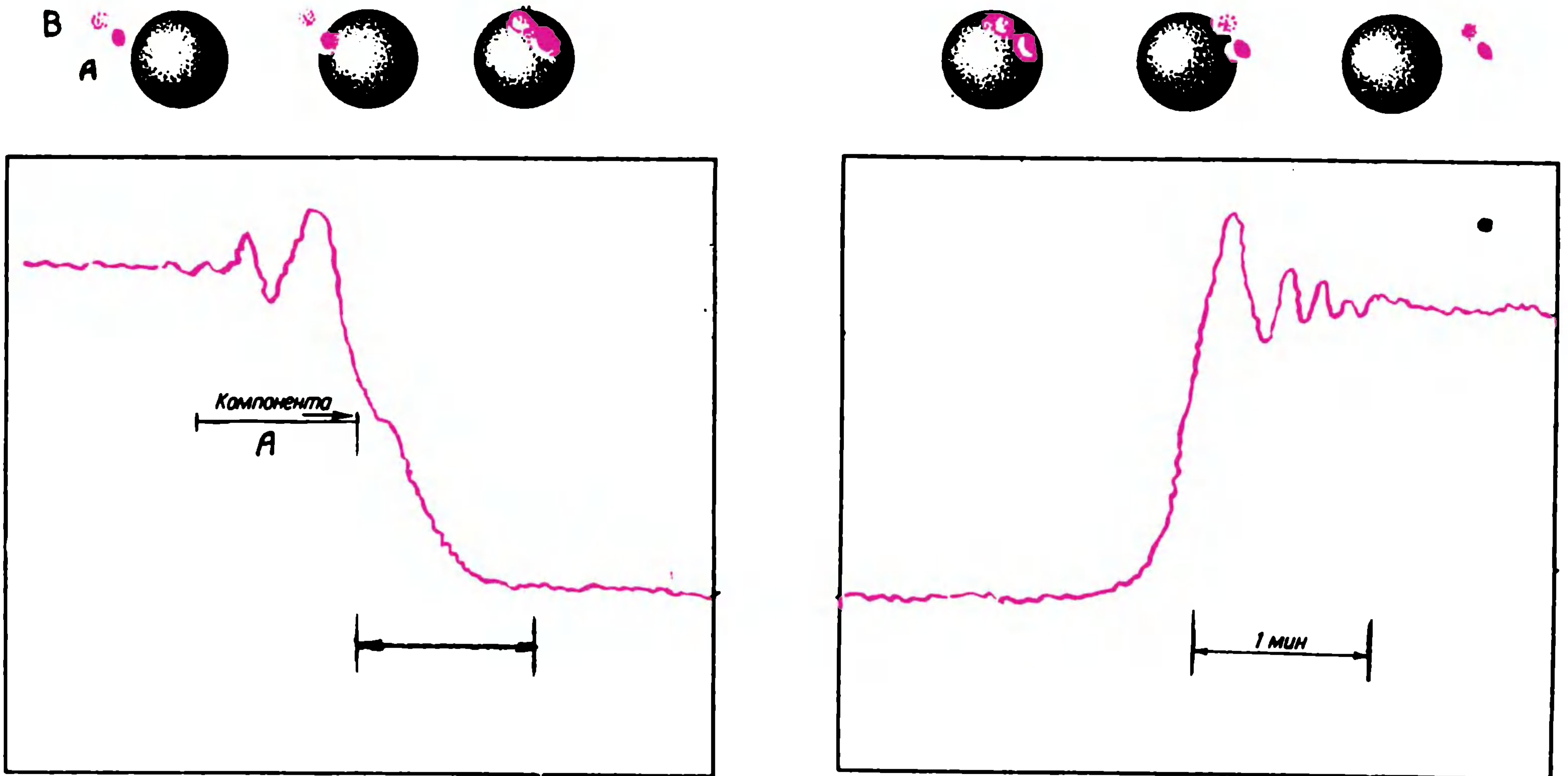
ОТКРЫТИЯ М. ШМИДТА

Очень важно, что удалось измерить точное положение компонент источника. Располагая данными о положении радиоисточника, М. Шмидт (Обсерватория Маунт Вилсон и Маунт Паломар) надежно отождествил его с оптически видимым объектом. Он обнаружил на фотопластинках в этом месте слабый звездоподобный объект 13-ой звездной величины, соответствующий компактному радиоисточнику. Сомнений в правильности отождествления не было, так как вторая протяженная компонента соответствовала аналогичной вытянутой структуре. М. Шмидт исследовал спектр объекта и обнаружил четыре эмиссионные линии. Они образовывали простую последовательность. Расстояния между линиями и их интенсивности убывали в ультрафиолетовую сторону, что характерно для бальмеровских водородных линий. Если бы не одно но... Чтобы отождествить эти линии с линиями водорода, нужно было сделать очень смелое предположение — допустить, что они смещены в красную сторону на 16%. Если



Переменность радиоизлучения сейфертовской радиогалактики ЗС 120. Видны всплески излучения, длительность которых растет с увеличением длины волны (на коротких волнах составляет несколько месяцев). Заметно, что интенсивность всплесков уменьшается и смещается в сторону более длинных волн

принять, что сдвиг линий вызван космологическим красным смещением, то расстояние до объекта не менее 1,5 млрд св. лет, т. е. объект оказывается далеко за пределами нашей Галактики. Звезда на таком расстоянии должна излучать гигантскую энергию и обладать массой порядка 10^8 масс Солнца. Поэтому эти объекты первоначально называли сверхзвездами. Аналогичными оказались свойства объектов ЗС 48, ЗС



216, ЗС 345. В настоящее время известны многие тысячи «сверхзвезд». Их теперь называют квазарами.

Делались попытки дать иную интерпретацию аномальному красному смещению. Хотелось «оставить» звезды в нашей Галактике и таким образом обойти «энергетический кризис». Например, красное смещение может быть связано с гравитационным полем излучающего объекта. Излучаемые фотоны преодолевают гравитационное поле прежде чем выйдут на свободу. Это дается потерей энергии, и излучаемая частота оказывается ниже. Но тогда звезда должна быть либо сверхплотной, либо быть опять же в миллионы раз массивнее Солнца.

По-прежнему остро стоял вопрос об источнике энергии сверхзвезд и механизме ее преобразования в энергию космических частиц. Так, наиболее эффективный источник ядерной энергии — пре-

вращение водорода в тяжелых элементах — обеспечивает выход энергии порядка 1% от энергии покоя вещества. Если источник энергии сверхзвезд термоядерный, то необходимо было бы сжечь порядка 10^8 масс Солнца. А для этого потребовалось бы около 10^9 лет, что существенно превышает время жизни квазаров. При этом возникает вопрос о детонации столь большой массы водорода в одном взрыве. Здесь может проявиться исключительно важная роль гравитационного поля.

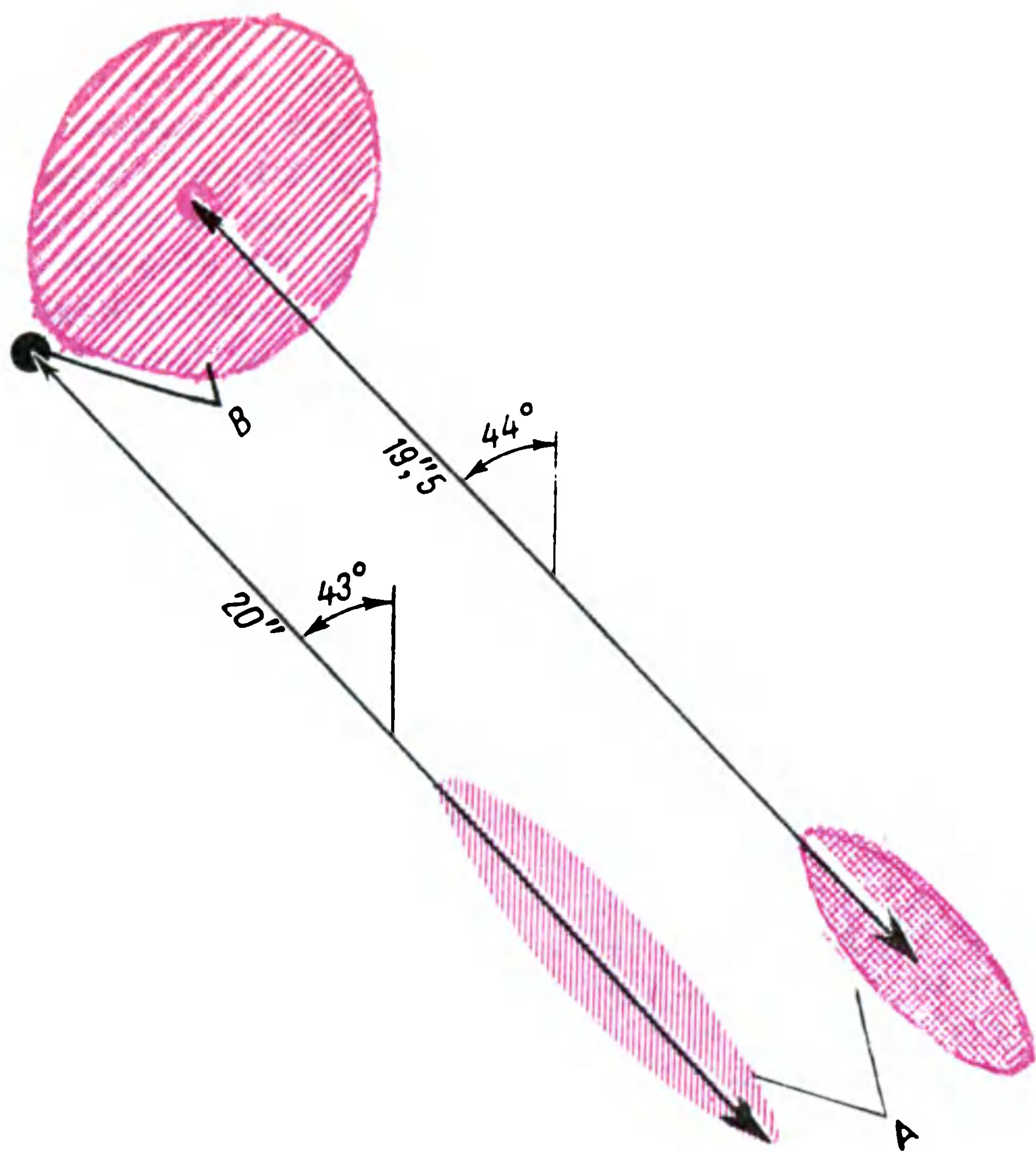
ЗАГАДКИ ПРИРОДЫ КВАЗАРОВ

Чтобы получить ответ на многие вопросы о природе квазаров, нужно было детально их исследовать. Прежде всего требовалось получить подробные карты квазаров в разных спектрах волн, проследить их эволюцию, исследовать динамику. Но и здесь исследователи поджидали принципиаль-

Покрытие радиоисточника ЗС 273 Луной. Наблюдения проводились 5 августа 1962 г. на 64-метровом телескопе в Парксе. В верхней части рисунка показаны положения Луны: А — протяженная компонента источника, В — компактная составляющая источника. Момент закрытия компоненты А соответствует ступеньке на записи (отмечено стрелкой). Далее сигнал от источника плавно спадает. При выходе источника из-за лимба Луны картина повторяется, но ступеньки на кривой нет (из-за того, что компоненты источника оказались параллельными краю лимба Луны)

ные, непреодолимые трудности. Недаром эти объекты назвали хотя и сверхзвездами, но все же звездами. Они видны как точки даже на самых мощных телескопах, не говоря уже о радиотелескопах. Аналогичные результаты были получены из теоретических оценок. Как уже говорилось, объекты с высокочастотными избытками представляют собой источники релятивистских частиц. Но в этом случае их размеры не могут превышать дли-

Структура радиисточника ЗС 273. Слева — определенная М. Шмидтом по паломарским фотографиям. Справа — по данным наблюдения покрытия Луной этого источника



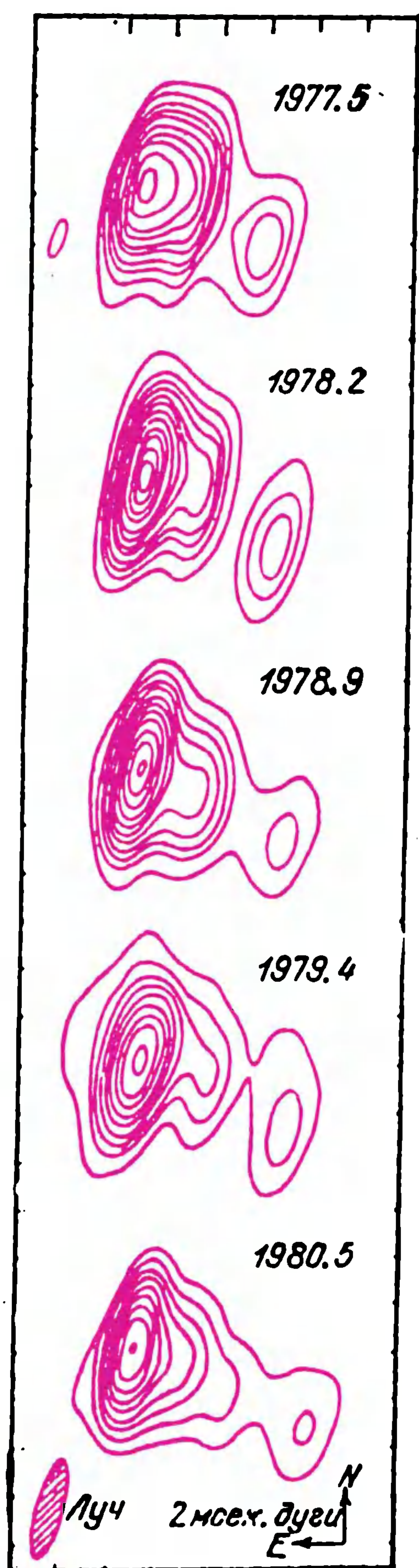
ны пути, проходимого электроном за достаточно малое время его высвечивания. А если при этом учесть расстояние до объектов, то угловые размеры оказываются весьма невелики, практически недоступны для измерений.

И вот здесь начинается новая страница в исследованиях квазаров — триумф радиоастрономии и астрофизики. Но сначала напомним о некоторых предшествующих событиях. Теоретики (и прежде всего И. С. Шкловский!) предполагали, что в Крабовидной туманности — остатке вспышки сверхновой — должен быть источник релятивистских частиц. Это непосредственно следовало из необычно высокой активности, связанной с одной из центральных звезд. Делались многократные попытки обнаружить компактный радиисточник в центральной части туманности. Комплексные исследования объекта методом покрытий, проведенные Л. И. Матвеевко в 1964 и 1974 гг., позволили не только установить ее сложную структуру и определить природу составляющих, но и обнаружить компактную компоненту — предполагаемый источник релятивистских частиц, отождествленный с центральной звездой. В дальнейшем эта звезда оказалась пульсаром — нейтронной звездой. Та-

ким образом, все данные были сведены в единое целое. И как казалось, возможности исследований интереснейшего объекта были исчерпаны. Однако к началу 60-х гг. достигли больших успехов в области радиофизики и вычислительной техники. Можно без преувеличения сказать — в мире произошла «тихая» революция. Наступила эпоха электроники и вычислительной техники. Это нашло свое отражение и в радиоастрономии. В частности, в лабораториях Н. Г. Басова и А. М. Прохорова (ФИАН), будущих лауреатов Нобелевской премии, были созданы высокостабильные атомные стандарты частоты и высокочувствительные усилители мазерного типа. Освоение космиче-

ского пространства сопровождалось строительством крупных антенн и мощным развитием вычислительной техники, что стало основой для решения проблемы сверхвысокого углового разрешения. Причем не в оптике, где это было более естественно, а в радиоастрономии.

Матвеевко совместно с Н. С. Кардашевым и Г. Б. Шоломицким предложил принципиально новый метод — радиоинтерферометрия со сверхбольшими базами (Земля и Вселенная, 1978, № 1, с. 4—11). Обычный радиоинтерферометр состоит из двух далеко отстоящих друг от друга антенн. Угловое разрешение интерферометра определяется не размерами антенн, а расстоянием меж-



Распределение яркости квазара 3C 273 на волне 2,8 см (июль 1977 — июнь 1980 гг.)

ду ними — длиной базы, которая существенно выше, чем у одиночной антенны. Но технические трудности ограничивают длину базы. Это связано с передачей высокочастотных сигналов по кабелям, соединяющих антенны, и трудностями компенсации относительного запаздывания принимаемых сигналов при их корреляционной обработке. Однако, если высокочастотные сигналы, принятые на каждой из

антенн, преобразовать (понизить их частоту) с помощью высокостабильных атомных стандартов частоты и зарегистрировать на видеомагнитофонах, то необходимость в передаче сигналов отпадает. Достаточно перевести видеокассеты на центр обработки и воспроизвести их с соответствующим относительным запаздыванием. Синхронность записей и воспроизведения сигналов обеспечивается с помощью точных временных меток, получаемых от тех же атомных стандартов частоты. Антенны инструмента физически не связаны между собой и расстояние между ними может быть сделано сколь угодно большим, а угловое разрешение сколь угодно высоким. Впервые этот метод был доложен на семинаре Лаборатории радиоастрономии в ФИАН осенью 1962 г., а затем в ГАИШ. В первом случае сообщение было встречено осторожно, а во втором — с большой надеждой. Было даже предложено запатентовать метод, что несколько затормозило публикацию. В мае 1963 г. Центр дальней космической связи посетил директор известной радиообсерватории в Джодрелл Бэнк профессор Б. Ловелл, который высоко оценил практическую значимость метода, но усомнился в его необходимости для радиоастрономии. Действительно, известные в то время сильные радиоисточники имели достаточно большие угловые размеры и, казалось, не было особой

необходимости в сверхвысоких угловых разрешениях. У известных компактных радиоисточников — звезд столь малое радиоизлучение, что измерить его почти невозможно даже с помощью новых квантовых парамагнитных усилителей и больших антенн. Присутствующий на встрече И. С. Шкловский со свойственными ему оптимизмом и прозорливостью возразил: «Но может быть их и нет, потому что мы не имели возможности их увидеть?». Здесь вспомнили о предполагаемом источнике «Шкловского» в Крабовидной туманности. Это решило все сомнения. Договорились создать радиоинтерферометр на основе двух больших антенн — Центра дальней космической связи в Евпатории и крупнейшей антенны в Джодрелл Бэнк. Вскоре были согласованы детали предстоящего эксперимента. Б. Ловелл выехал в США, где обсудил возможности нового метода со своими американскими коллегами.

ДОСТИЖЕНИЯ РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

Первые успешные наблюдения на радиоинтерферометре со сверхбольшой базой проведены в 1967 г. в пределах американского континента группой ученых США и, независимо, Канады. Наблюдения на межконтинентальной базе по предложению американских ученых М. Коузена и К. Келлермана провели

в 1969 г. Использовались антенны, расположенные в Симеизе и Грин Бэнк. Наблюдения велись на волнах 2,8 и 6 см, что позволило достичь предельного углового разрешения в условиях Земли (0,0005''). Перед исследователями открылась удивительная картина — вместо ожидаемых компактных «точечных» источников — объекты со сложной структурой.

Для изучения квазаров недостаточно одиночного интерферометра. И вот почему радиоинтерферометр в отличие от обычного телескопа «видит» не изображение объекта, а только определенную гармонику его изображения. И именно ту гармонику, на которой он настроен. Частота этой гармоники определяется длиной базы — чем больше база, тем выше пространственная частота. Чтобы получить изображение объекта, необходимо измерить все гармоники, т. е. нужно проводить измерения на радиоинтерферометрах с базами разной длины и ориентации. А затем просуммировать все гармоники и получить изображение.

Постепенно в наблюдения включалось все большее число радиотелескопов, которые образовали единую глобальную радиоинтерферометрическую сеть. Одним из первых удивительнейших открытий стало обнаружение ярких компактных компонент, выбрасываемых из ядер квазаров (Земля и Вселенная, 1971, № 1, с.

36—41). Скорость движения этих компонент превышала скорость света (!), а их яркостная температура достигала огромных значений 10^{12} К. Иными словами, радиоинтерферометрия со сверхдлинными базами раскрыла некоторые тайны квазаров и поставила новые вопросы. Высокие яркостные температуры компактных облаков релятивистских частиц, выбрасываемых из ядер, свидетельствовали о необычайно мощном и эффективном источнике. Теоретические исследования К. Келлермана и И. Паулини-Тоса показали, что излучение облаков релятивистских электронов зависит от их энергии и напряженности магнитного поля. Но по мере достижения определенного предела потери энергии электронов катастрофически возрастают и предельное излучение соответствует яркостной температуре порядка 10^{12} К. Измеренные максимальные значения температур компактных компонент в большинстве случаев практически соответствовали этому пределу.

Сверхсветовая скорость движения компонент оставалась загадкой до тех пор, пока М. Коуэн не дал достаточно простого объяснения наблюдаемому явлению. Скорость света хоть и велика, но конечна. Именно это и объясняет эффект «сверхсветового движения». Дело в том, что если излучающий



Инжекция тонких струй релятивистской плазмы из ядер квазаров и образование джета — тонкого жгута из скрученных волокон

объект движется под некоторым углом в направлении на наблюдателя, видимая скорость его перемещения в картинной плоскости может превышать скорость света (Земля и Вселенная, 1973, № 6, с. 36—39; 1987, № 3, с. 37).

ОТКРЫТЫЕ ВОПРОСЫ

Дальнейшие исследования квазаров, в частности, квазара 3C 345, показали, что активные процессы, протекающие в их ядрах, сопровождаются также инъекцией тонких струй вещества в виде релятивистской плазмы. Истечение плазмы происходит со скоростью, близкой к световой, в пределах достаточно большого угла ($\approx 40^\circ$) в направлении оси вращения ядра. Релятивистская плазма, движущаяся с околосветовой скоростью, возбуждает вокруг себя магнитное поле, которое фокусирует плазму в тонкие струи,

навивающиеся на ось вращения квазара и формирующие тонкий жгут из скрученных, подобно веревке, волокон («джет»). Остается открытым вопрос о причинах одностороннего джета. Казалось бы, истечение релятивистской плазмы вдоль оси вращения должно происходить равновероятно как в одном, так и в другом направлении. Но наблюдаются лишь односторонние джеты. Одним из объяснений может быть все та же околосветовая скорость движения. Мы видим лишь тот джет, который движется на нас, а излучение джета, уходящего от нас, не видно. Однако на больших расстояниях от ядра, когда скорость движения плазмы должна быть ниже, джет должен стать видимым, но это почему-то не наблюдается. Может быть, односторонний джет присущ самой природе квазара?

Сегодня нам многое известно о квазарах. Это

ядра галактик, в которых протекают активные процессы, сопровождающиеся выбросом релятивистской плазмы. По современным представлениям, эти ядра не менее загадочны, чем черные дыры. Впрочем, не исключено, что черные дыры существуют и являются ядрами квазаров и галактик. Их гигантская гравитационная энергия и масса остаются загадочными. Черная дыра, подобно гигантскому смерчу, всасывает в себя окружающую материю, перерабатывает ее и выбрасывает в виде струи релятивистской плазмы. Но многие галактики, включая нашу, не содержат столь активных ядер. Астрофизикам предстоит понять: наблюдаемая активность ядер — закономерность их эволюции или случайный процесс. Спокойные ядра просто отдыхают и набираются сил перед новым периодом активности или вышли из игры?

Яркий газ указывает на присутствие темной материи

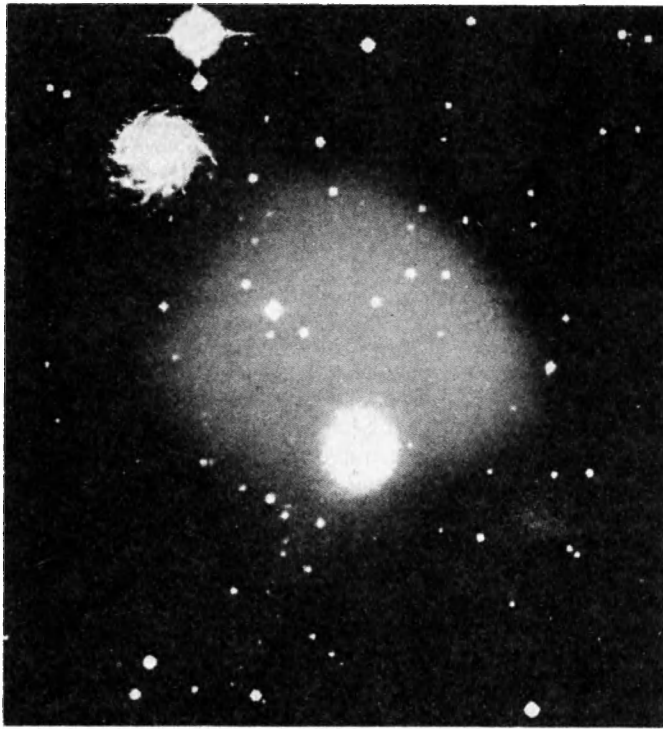
Астрономы вполне могут сейчас, причем случайно, отыскать, где спрятана большая часть массы Вселенной: в небольших группах галактик, таких, например, как Местная группа, в которую входит наш Млечный Путь.

Дж. Малчи и трое его коллег из Научного института космического телескопа исследовали с помощью орбитальной рентгеновской обсерватории «Rösa» (Röntgen Satellit) рентгеновское излучение, приходящее от облака горячего газа, в трио галактик, возглавляемых NGC 2300. Они полагают, что именно эта материя искажает видимую структуру спиральной галактики NGC 2276, входящей в группу, хотя прежде считалось, что такие облака встречаются лишь в богатых скоплениях, насчитывающих сотни или тысячи галактик.

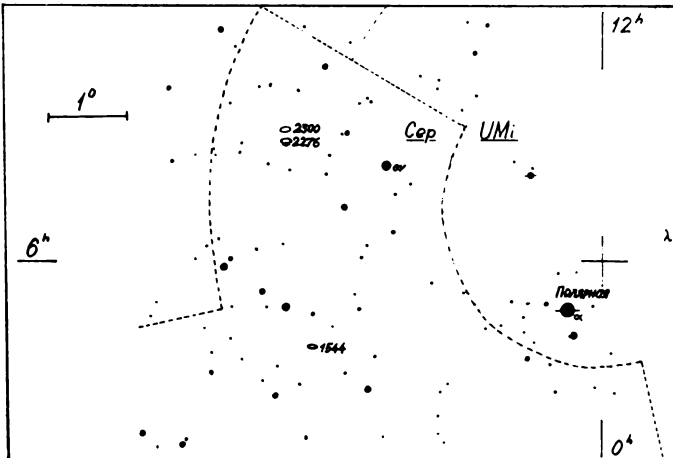
«Rösa» зарегистрировал рентгеновское излучение от облака размером 1,3 млн св. лет и температурой 10^6 К. Однако совместного гравитационного воздействия трех галактик недостаточно, чтобы удержать этот газ на месте. Для равновесия необходимо еще, по меньшей мере, 20 триллионов солнечных масс невидимой (темной) материи.

Большинство галактик, возможно, существует в маленьких группах вроде группы NGC 2300, и если все они содержат темную материю в таких пропорциях, как в этой группе, то ее может оказаться достаточно, чтобы остановить расширение Вселенной. Но это «если» все же слишком велико. Для того, чтобы выяснить, действительно ли это так, нужны дальнейшие рентгеновские наблюдения.

Sky & Telescope, 1993, 86,7



Изображение облака разогретого газа, испускающего рентгеновское излучение, наложено на оптический снимок группы галактик, находящихся в 150 млн св. лет от Солнца. Вблизи центра NGC 2300. Спиральная галактика NGC 2276 — справа вверху, чуть левее яркой звезды ($\approx 8,5^m$)



Читатели смогут отыскать две галактики из упоминаемой в тексте тройки в свои телескопы, воспользовавшись приведенной здесь картой, поскольку их блеск довольно велик: NGC 2300 — $10,96^m$, NGC 2276 — $11,36^m$

Создан Московский клуб астрономов-любителей

В жизни любителей астрономии Москвы и ближайшего Подмосковья произошло заметное событие: в декабре 1993 г. был основан Московский клуб астрономов-любителей.

Идея создания подобной организации, что называется, витала в воздухе. Старые, неэффективные структуры, и раньше не удовлетворявшие потребностей любителя, в последние годы практически перестали существовать. Менее же формальные организации, такие, как астрономические кружки при дворцах пионеров и станциях юных техников, ориентированные на работу с детьми, тоже не представляют особого интереса для серьезного наблюдателя.

Поэтому группа молодых энтузиастов попыталась разработать совершенно новые принципы создания организации, направленной на удовлетворение насущных потребностей, рядового любителя: в информации, литературе, и, ко-

нечно же, в общении. Для этого, основательно изучив зарубежный опыт, они разработали устав клуба, основанный, в первую очередь, на демократическом принципе самоуправления. Организационной основой клуба стали рабочие группы, на которые участники разделились в соответствии со своими интересами в астрономии. Уже приступили к работе группы наблюдателей Луны, астрофотографии, компьютерной астрономии, переменных звезд, наблюдателей туманностей, галактик и звездных скоплений, комет.

Не удовлетворенные состоянием московского неба, члены клуба решили построить свою загородную обсерваторию и оснастить ее несколькими серьезными инструментами. Первый из них, 300-миллиметровый «Ньютон», уже изготавливается.

На лето запланировано несколько экспедиций в южные районы страны, в которых примут участие

почти все члены клуба. Начато несколько научных наблюдательных программ по разным разделам астрономии, в том числе по наблюдению последствий столкновения кометы Шумейкеров-Леви 9 с Юпитером и по поиску сверхновых в других галактиках.

В Совет клуба вошли многие авторитетные московские любители астрономии. Председателем избран А. Ю. Остапенко.

Пока же клуб находится в стадии формирования, идет поиск новых форм работы, принимаются новые члены. По всем вопросам, касающимся вступления в клуб, можно обращаться к члену Совета клуба, руководителю обсерватории ДНТТМ г. Москвы В. И. Шивьеву по адресу: Москва, ул. Донская, д. 37, обсерватория, тел. 954-06-94 (р).

Б. Б. Титомиров

Рентгеновское излучение двойного миллисекундного пульсара

Сейчас известно уже почти 1000 радиопулсаров. Среди них особое место занимают миллисекундные и двойные. Напомним, что Нобелевская премия по физике за 1993 г. была присуждена за открытие двойного радиопулсара (радиопулсар в паре с другим радиопулсаром). У большинства пульсаров компаньоном является не второй пульсар, а белый карлик или звезда главной последовательности. Таков и миллисекундный ($P = 5,75$ ms) радиопулсар J0437—4715, расположенный на расстоянии 140 пк от Земли.

Его оптический компаньон — звезда главной последовательности с массой $\approx 0,2M_{\odot}$. В системе с орбитальным периодом 5,74 сут не наблюдается затмений, зато недавно с помощью спутника ROSAT было открыто рентгеновское излучение пульсара. Это второй миллисекундный радиопулсар, который был зарегистрирован и в радио- и в рентгеновском диапазонах.

Как известно, радиоизлучение пульсара рождается не на поверхности, а в его магнитосфере (не тепловой механизм излучения). Фотоны высоких энергий также чаще всего образуются в магнитосфере, но в случае рентгеновского излучения J0437—4715 существует чернотельная, т. е. тепловая, компонента жесткого излучения со светимостью $1,3 \cdot 10^{30}$ эрг/с и эффективной температурой $1,7 \cdot 10^6$ К.

Это важное открытие для теории нейтронных звезд, поскольку возраст пульсара, оцененный по периоду и его производной, равен $2 \cdot 10^9$ лет, т. е. нейтронная звезда уже должна была остыть. Но у J0437—4715 существует на поверхности горячая «точка» площадью около $0,05$ км². Возможно, это объясняется тем, что даже после нейтронного и фотонного охлаждения температура нейтронной звезды поддерживается достаточно высокой за счет внутреннего трения в звезде или бомбардировки полярных областей высокоэнергичными частицами, ускоряемыми в магнитосфере пульсара.

NATURE 365, 6446, 528

Изолированные нейтронные звезды

Как известно, нейтронные звезды (НЗ) — заключительный этап эволюции массивных звезд, масса которых составляет примерно от 10 до 30 солнечных масс. Теоретически НЗ предсказаны еще в 30-х гг. XX в., а в 60-е гг. открыты радиопульсары, которые быстро отождествили с НЗ, а также галактические источники рентгеновского излучения, некоторые из которых надежно отождествлены с НЗ в тесных двойных системах лишь в 70-е гг.

Сейчас известно около 800 радиопульсаров (или, как говорят, НЗ на стадии эжекции (Е)) и около 100 рентгеновских источников с аккрецирующими НЗ (или НЗ на стадии аккреции (А)), среди которых 35 рентгеновских пульсаров. Таким образом, всего наблюдается менее 1000 НЗ, но, по самым скромным оценкам, число НЗ в Галактике превышает 10^7 . Наблюдаемы ли эти объекты?

Большинство звезд входит в двойные системы, но для НЗ это может быть и не так, поскольку при образовании НЗ в процессе вспышки сверхновой система может распасться (если взорвалась более массивная звезда и сброшено более половины массы двойной системы) и появится изолированная нейтронная звезда (ИНЗ). Разумеется, ИНЗ образуются и в результате эволюции одиночных звезд.

Увидеть их очень непросто. Радиус НЗ всего 10 км, и нет пока надежды зафиксировать, например, тепловое излучение такого объекта с расстояния более 1 кпк. ИНЗ на стадии Е может проявлять себя как радиопульсар, но это относительно короткая стадия. На стадии пропеллера (Р), когда быстрое вращение замагниченной НЗ препятствует аккреции, а также на стадии георотатора (S), когда сильное магнитное поле препятствует проникновению вещества к НЗ и образуется магнитосфера, подобная земной, увидеть НЗ также практически невозможно. Было бы заманчиво обнаружить ИНЗ на стадии А, которая занимает

значительную часть времени эволюции НЗ. Но где взять вещество?

Однако не надо забывать, что космос это не пустота. Все пространство между звезд заполнено газом и пылью. Таким образом, межзвездная среда (МЗС) может стать источником вещества для аккреции на НЗ, подобно тому как аккреция вещества МЗС на белые карлики определяет нижний предел их температуры (она не опускается ниже нескольких тысяч градусов).

Идея об аккреции вещества МЗС на НЗ обсуждалась уже достаточно давно (кстати, первые работы, в которых аккреция рассматривалась как механизм значительного энерговыделения, относились к случаю аккреции из МЗС, правда не на НЗ, а на нормальные звезды). Но в последнее время этот механизм энерговыделения стал привлекать больше внимания в связи с тем, что современные спутники типа ROSAT вполне могли бы обнаружить ИНЗ, аккрецирующие вещество межзвездной среды.

Особенно яркие источники должны наблюдаться в молекулярных облаках (МО) при пролете сквозь них ИНЗ. Здесь, кстати, возможен один интересный эффект, впервые отмеченный В. Шварцманом в 70-е гг. Если НЗ на стадии Е влетает в молекулярное облако, то стадия Е может смениться стадией А (вещество «задавиг» пульсар). Но после вылета НЗ из МО пульсар, вероятно, не появится вновь, так как теперь вещество подобралось ближе к поверхности звезды и раскидать его не так-то просто. Переход из стадии Е в стадию А и обратно осуществляется несимметрично.

Аккреция на ИНЗ может принимать весьма интересные формы. При малой скорости ИНЗ относительно окружающего вещества (порядка нескольких километров в секунду) и большой концентрации (10^3 — 10^4) возможно существование режима сверхкритической аккреции с образованием bipolarных выбросов типа струй SS

433 или молодых звездных объектов. Знаменитый сейчас Великий Аннигилятор (источник жесткого излучения в центре нашей Галактики на расстоянии 150 пк от динамического центра; в спектре этого источника обнаружена мощная аннигиляционная линия) может быть объяснен сверхкритической аккрецией вещества плотного МО на изолированную черную дыру в результате чего возникают наблюдаемые струи Великого Аннигилятора и мощное жесткое излучение. Из-за турбулентности МЗС, а также в случае двойной НЗ или черной дыры, образуется аккреционный диск. Возможно появление периодических рентгеновских источников в результате специфических сочетаний параметров ИНЗ.

Сколько же таких объектов можно наблюдать? По различным оценкам несколько тысяч ИНЗ в окрестностях Солнца, в первую очередь в МО. Связано это с тем, что светимость таких рентгеновских источников невелика, и составляет всего 10^{30-31} эрг/с при аккреции из МЗС. В МО светимость ИНЗ может иногда достигать 10^{35} эрг/с и будет зависеть не только от внутренних параметров ИНЗ и МЗС, но и от скорости ИНЗ (причем светимость обратно пропорциональна кубу скорости). При малых скоростях она будет сильно возрастать, но вероятность скоростей порядка 20—40 км/с и меньше очень мала, поэтому в основном ИНЗ будут наблюдаться в виде очень слабых объектов.

Сейчас ведется активная работа по поиску и теоретическому изучению аккрецирующих ИНЗ. В самое ближайшее время такие источники откроют, и можно будет изучать НЗ в еще одном их облики.

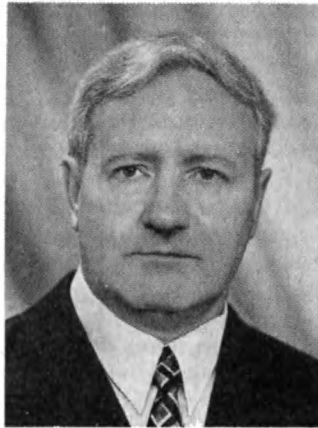
С. Б. ПОЛОВ
ГАИШ

Новая Геркулеса 1934

И. Н. МИНИН,
доктор физико-математических наук
Санкт-Петербургский государственный
университет

*Среди миров, в мерцании светил
Одной Звезды я повторяю имя...
И. Анненский*

Среди объектов, изучаемых астрофизиками, есть особенные, исследование которых дало науке о Вселенной много принципиально новых фактов, способствовало возникновению плодотворных идей и разработке оригинальных методов.



К таким объектам, например, относятся Крабовидная туманность, звездное скопление Плеяды, звезды β Персея, δ Цефея, γ Кассиопеи, а также Новая звезда, открытая в 1934 г. в созвездии Геркулеса (Новая Геркулеса 1934).

НОВЫЕ ЗВЕЗДЫ

Они входят в разряд звезд, называемых нестационарными и характеризующихся значительными изменениями блеска и спектра за довольно короткие промежутки времени. Начальный период вспышки новой до максимума блеска продолжается несколько суток. Спад блеска до первоначального значения длится годами и десятилетиями. Средняя ампли-

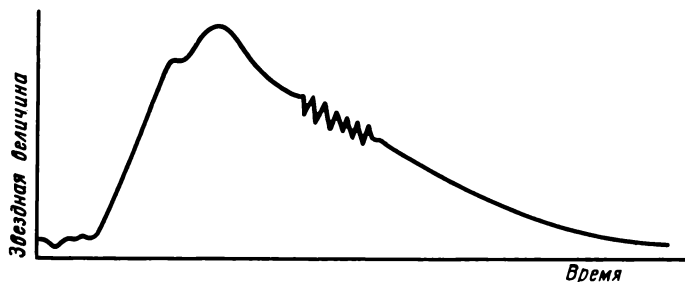
туда изменения блеска новых составляет 12^m .

Происходят и существенные изменения в спектрах новых. Их характерная черта — сильное смещение всех линий в фиолетовую сторону — говорит о скорости, составляющей обычно несколько сотен километров в секунду. В максимуме блеска в спектре новой появляются широкие эмиссионные полосы, практически симметричные относительно центральной частоты и огра-

ниченные линиями поглощения с фиолетовой стороны.

Через несколько месяцев после начала вспышки в спектре новой возникают характерные для газовых туманностей яркие запрещенные линии, образующиеся при переходах из метастабильных состояний (Земля и Вселенная, 1991, № 5, с. 13). С этого момента звезда вступает в небулярную стадию развития. Спустя несколько лет после максимума вокруг

Типичная кривая блеска новой звезды (абсолютная звездная величина в максимуме — 7^m , в начале и после завершения вспышки $+5^m$). Небулярная стадия начинается после прекращения колебаний блеска



звезды наблюдается расширяющаяся газовая оболочка. По угловой скорости увеличение ее размеров легко установить, что она образовалась в начальный момент вспышки. Существование оболочек не оставляет сомнения: при вспышке новой происходит отрыв от звезды ее внешних слоев.

Массы оболочек новых звезд составляют 10^{28} — 10^{29} г. Поскольку эта величина мала даже в сравнении с массой звезд-карлика, значит, от новой звезды при ее вспышке отрываются только самые внешние слои. Учитывая это, можно довольно хорошо объяснить совокупность результатов наблюдений, относящихся к различным этапам развития вспышки. При этом у каждой новой обнаруживаются свои особенности, что естественно, так как обусловлено различием параметров (массой оболочка, ее скоростью, обстоятельствами выброса вещества).

«Взрывы», приводящие к появлению новых звезд, происходят довольно часто. Только в соседних с Солнцем областях Галактики каждый год обнаруживается несколько таких событий. Многие вспышки не удается заметить из-за удаленности

звезд и межзвездного поглощения света. Поэтому можно считать, что в Галактике, вероятно, в год вспыхивает свыше ста новых звезд.

Термин «новая звезда» ввел знаменитый астроном Тихо Браге после того, как в 1572 г. он наблюдал вспышку звезды. Это была сверхновая. По современной классификации сверхновые звезды по масштабу явления и природе значительно отличаются от новых. Достаточно сказать, что у сверхновых амплитуда изменения блеска превышает 19^m . Кроме того, вспышка сверхновой — весьма редкое событие (за прошедшие 1000 лет в нашей Галактике замечено всего три вспышки). Поэтому больше вероятность наблюдать сверхновые в других галактиках. В 1987 г. сверхновая вспыхнула в Большом Магеллановом Облаке, ближайшем соседе Галактики (Земля и Вселенная, 1989, № 2, с. 22. — Ред.).

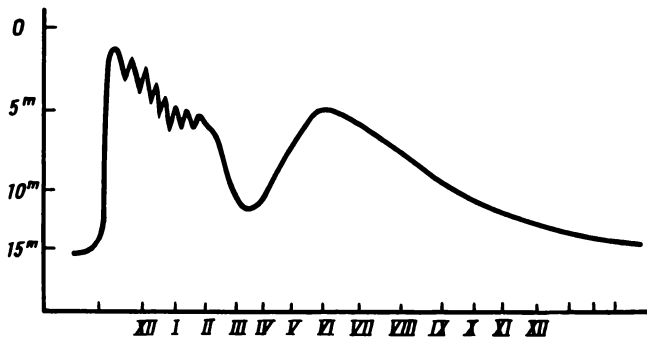
ЗВЕЗДА ВСПЫХНУЛА

Наблюдения вспышки Новой Геркулеса 1934 дали богатейший материал, занимающий важное место среди подобных наблюдений. Это определилось благодаря боль-

шой яркости новой в течение продолжительного времени и сравнительно малой скорости нарастания ее блеска. Помогло и то, что место положения звезды на небе позволило вести наблюдения ее на многих крупных обсерваториях. Интерес к этой новой усилился, когда обнаружили существенные отличия ее кривой блеска от аналогичных кривых типичных новых.

Блеск Новой Геркулеса 1934, возросший сначала от 14^m — 15^m до $1,3^m$ (максимум блеска 22 декабря), затем медленно убывал в течение более трех месяцев. Спектр звезды в это время принадлежал к классу F с эмиссионными линиями ряда атомов и ионов (водород, железо, кальций, углерод, кислород). В апреле 1935 г. блеск внезапно упал до $13,1^m$, затем увеличился примерно на 7^m , после чего снова медленно убывал. После апрельского минимума спектр новой стал типичным для оболочек в небулярной стадии, соответствующим спектру газовых туманностей (например, планетарных). Увеличение интенсивностей линий этого спектра и обусловило возрастание блеска на 7^m .

Изменения блеска и



Кривая блеска Новой Геркулеса 1934

спектра Новой Геркулеса 1934 можно объяснить следующим образом. В течение первых трех месяцев после начала вспышки происходило мощное выбрасывание вещества из звезды, благодаря чему вокруг нее образовалась весьма протяженная оболочка. Поскольку ультрафиолетовое излучение звезды поглощалось в областях этой протяженной оболочки, близких к звезде, то главная оболочка тогда была не ионизована. Внутренние слои оболочки играли роль фотосферы, перерабатывая высокочастотное излучение звезды в излучение более низких частот в непрерывном спектре.

В апреле мощность выбрасывания вещества внезапно упала, протяженная фотосфера рассеялась и блеск новой в видимой области спектра сильно уменьшился. Под действием ультрафиолетового излучения горячей звезды начался процесс ионизации главной оболочки, приведший к появлению яркого линейчатого спектра, характерного для небулярной стадии развития новых звезд. Интенсивности линий этого спектра не сразу (прибли-

зительно через месяц) пришли в соответствие с температурой звезды. В дальнейшем очень медленное ослабление блеска происходило вследствие постепенного расширения расширяющейся оболочки.

Приближенную теоретическую интерпретацию свечения Новой Геркулеса 1934 после апрельского минимума блеска дал В. Гротриан (1937). Его предпосылка опиралась на неточное представление об одновременной ионизации оболочки во всех ее частях. В действительности благодаря большой оптической толщине оболочки ионизируется «слой за слоем». Кроме того, считалось, что блеск новой обусловлен в основном линиями водорода. Однако, как показал Б. А. Воронцов-Вельяминов (1948), более важную роль в свечении новой играют линии «небулия» (запрещенные линии дважды ионизованного кислорода).

ЛИНИИ ВОДОРОДА

На вопрос о том, как изменяется со временем свечение оболочки Новой Геркулеса 1934 после апрельского минимума в

линиях, имеющих рекомбинационное происхождение (например, в линиях бальмеровской серии водорода), ответил академик В. В. Соболев (1950). Сначала подробно и в строгой постановке он решил задачу об усилении ионизации атомов в оболочке под воздействием излучения внезапно «вспыхнувшей» звезды. Анализ полученных формул показал, что в каждый момент времени оболочка разделена на две области: **ионизованную**, где преобладают ионы, и **неионизованную**, где преобладают нейтральные атомы. Граница между этими областями оболочки резкая и перемещается с течением времени по определенному закону. Найденное решение позволило, в частности, получить формулу для количества энергии $E_k(t)$, излучаемой оболочкой в линиях.

Затем В. В. Соболев обратился к исследованию результатов наблюдений, полученных в работе Ц. Пейн-Гапошкиной и Ф. Уиппла (1939). Сравнение теоретического и измеренного хода вариаций интенсивности бальмеровских линий с те-

чением времени показало, что время релаксации равно $1,3 \cdot 10^6$ с (около 15 сут), а значит электронная концентрация в оболочке в рассматриваемую эпоху равна $n_e = 3 \cdot 10^6$ см⁻³. Лучистое равновесие в оболочке Новой Геркулеса 1934 устанавливалось долго. Это обусловлено сравнительно малой электронной концентрацией в оболочке в период, когда излучение звезды резко изменилось.

Зная величину n_e и объем оболочки, найденный по скорости и продолжительности выбрасывания вещества из звезды, можно оценить массу оболочки. Однако более уверенно масса оболочки может быть получена другим способом, предложенным В. В. Соболевым в 1955 г. Он вывел формулу, по которой можно определить полное число протонов через полное число бальмеровских фотонов, излучаемых оболочкой за 1 с (что получается из анализа наблюдаемых величин). По свечению новой определяется полное число протонов в любой момент времени. Максимальное значение этой величины — $1,4 \cdot 10^{52}$, что после умножения на массу атома водорода дает для массы оболочки значение $2,3 \cdot 10^{28}$ г.

Любопытные детали возникли при изучении изменения профилей эмиссионных линий в спектре Новой Геркулеса 1934 после апрельского минимума блеска. Оказалось, что эмиссионные линии в спектре новой были раздвоенными. Это вызвано

наличием в оболочке двух сгустков вещества, имевших разные лучевые скорости. В дальнейшем, когда туманность, образовавшаяся в результате вспышки, стала видимой, обнаружилось, что она имеет форму эллипсоида, причем его большая ось составляет с лучом зрения угол около 60° . Яркость туманности была максимальной в тех ее частях, которые соответствуют концам большой оси эллипсоида.

Наблюдения показали: во время появления эмиссионных линий их красные компоненты гораздо слабее фиолетовых и только после достижения вторичного максимума блеска они сравнялись по интенсивности. Такое поведение эмиссионных линий было загадочным и для его объяснения предлагались различные гипотезы. Все они основывались на том, что удалявшийся от нас сгусток, определяющий красные компоненты линий, экранировался некоторым веществом, которое и ослабляло его излучение.

В. В. Соболев в 1955 г. предложил простое и надежное объяснение. Применив формулу, дающую интенсивность в линии при отсутствии лучистого равновесия, к сгусткам разной плотности, он получил искомый результат. Из наблюдений следует: интенсивность фиолетовой компоненты росла быстрее интенсивности красной компоненты. Значит, лучистое равновесие устанавливалось быстрее в сгустке вещества, приближавшегося к нам, чем в

удалявшемся от нас. Именно так обстоит дело, когда плотность вещества в сгустках различна (больше — в приближавшемся к нам и меньше — в удалявшемся от нас). Приведенное выше значение концентрации электронов, определяющее и общую плотность, является некоторым средним значением для двух сгустков.

ЗАПРЕЩЕННЫЕ ЛИНИИ

Интенсивность линий других элементов, возникающих как и водородные в результате рекомбинаций, также хорошо удовлетворяет формуле для $E_{ki}(t)$. Иначе ведут себя линии, свечение в которых возбуждается электронным ударом, поскольку на их интенсивность влияет изменение электронной температуры оболочки. Вопросы, связанные с изменением электронной температуры в оболочке, при отсутствии лучистого равновесия, и свечением оболочки в линиях, возбуждаемых электронным ударом, были изучены в работе автора этой статьи (1952).

Известно, что электроны при фотоионизациях получают большие скорости. Поэтому температура электронного газа в начальный момент в объеме, который подвергается ионизации, велика. Затем, вследствие неупругих столкновений с атомами и ионами, электроны теряют часть первоначально полученной энергии и температура электронного газа постепенно понижается. Если плотность вещества в обо-

лочке не очень большая, то столкновения происходят редко, и понижение электронной температуры до ее равновесного значения может длиться довольно долго. Это обстоятельство скажется на изменении со временем интенсивностей линий, возбуждаемых электронным ударом. Таким образом, процесс изменения электронной температуры в оболочке вполне наблюдаем.

Сначала было получено и решено уравнение, определяющее изменение электронной температуры T_e в различных слоях ионизованной области оболочки при разных значениях температуры звезды T_* . Затем для разных моментов времени были вычислены значения отношения интенсивностей линий $N_1 + N_2$ и $\lambda 4363$ ($E_{N_1 + N_2}/E_{M363}$), зависящие в основном от T_e и отличающиеся для разных значений T_* .

По данным Ц. Пейн-Гапошкиной и Ф. Уиппла (1939 г.) величина $E_{N_1 + N_2}/E_{M363}$ для Новой Геркулеса 1934 после апрельского минимума возрасла от приблизительно единицы до 9,3 ко времени, когда свечение оболочки пришло в соответствие с возрастающей температурой звезды. Поскольку к указанному сроку T_e во всех частях оболочки приняла равновесное значение T_e , то используя известную формулу и полученное ранее $n_e = 3 \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$, находим $T_e = 7000^\circ$. Теоретическое значение

$E_{N_1 + N_2}/E_{M363}$ наилучшим образом согласуется с данными измерений при $T_e = 65000^\circ$.

Таким образом, результаты наблюдений Новой Геркулеса 1934 в эпоху вторичного возрастания блеска хорошо объясняются на основе представления о свечении оболочки при отсутствии лучистого равновесия. Важно также, что, сравнивая выводы теории с данными наблюдений, удалось определить некоторые параметры звезды и оболочки: массу оболочки и ее плотность, электронную температуру оболочки и температуру звезды.

Но самое значительное, по нашему мнению, что в теоретической астрофизике появилось новое направление исследований. Оно первоначально включало изучение свечения звездных оболочек и газовых туманностей при отсутствии лучистого равновесия, а в дальнейшем переросло в общую теорию нестационарного переноса излучения. Основной вклад в развитие этой теории и осуществление ее применений в астрофизике внесли работы В. В. Соболева и его учеников, представителей Ленинградской школы теоретической астрофизики. Актуальность таких работ для современной астрофизики вряд ли нуждается в доказательствах.

ДВОЙНАЯ ЗВЕЗДА

Еще один важный для астрофизики результат связан с изучением Новой Геркулеса 1934. После того как туманность, окружавшая звезду, значи-

тельно уменьшила свою яркость, М. Уокер обнаружил, что она — затменная переменная. Эта система имеет орбитальный период всего $4^{\text{д}}39^{\text{м}}$. В главном минимуме блеска холодная звезда закрывает горячую, которая, вероятно, и вспыхивает как новая. Отсутствие сведений о холодной звезде не позволяет определить массы компонент, но считается, что масса горячей звезды составляет около $1/4 M_\odot$.

После обнаружения двойственности Новой Геркулеса 1934 были подробно исследованы и некоторые другие новые звезды. Все они оказались входящими в двойные системы. Было даже высказано предположение, что двойственность звезды — необходимое условие вспышки. Более того, изучение спектра Новой Геркулеса 1934 после открытия двойственности показало, что вокруг нее со скоростью около 500 км/с вращается газовый «диск». Вероятно он образовался в результате истечения вещества из холодной звезды. Это помогло понять причину вспышек: аккреция вещества холодной звезды на белый карлик. Обнаружение газовых потоков в таких системах подтверждает эту точку зрения.

А у Новой Геркулеса 1934 есть еще одна удивительная особенность — она имеет небольшие колебания блеска с очень строгим периодом, равным 71 с... Небезосновательно эта звезда в числе объектов, имеющих важное значение для развития астрофизики.

Историческая экология

Л. Г. БОНДАРЕВ,
кандидат географических наук
Московский государственный университет
им. М. В. ЛОМОНОСОВА

Никогда еще природа не подвергалась столь разрушительному антропогенному воздействию, как сейчас. Экологический кризис достиг кульминации, и понятен интерес к прогнозам разного уровня.

Однако бывает полезно оглянуться и назад. В прошлом человечества много примеров деструктивной, разрушительной деятельности. В то же время не так уж редко наши далекие предки проявляли

удивительно тонкое понимание связей между различными компонентами ландшафта, показав себя умелыми разработчиками, организаторами и практиками рационального природопользования.

«ТИПОВЫЕ» ПРОБЛЕМЫ

Ранние цивилизации были весьма уязвимыми по отношению к стихийным бедствиям — наводнениям, засухам, эпидемиям и т. п. Так, в упадке цивилизации горных майя и крито-микенской культуры существенную роль сыграли катастрофические вулканические извержения. Тайфуны, землетрясения и вулканы постоянно наносили большой ущерб Японии. Распад бассейна реки Сарасвати («второго Инда», располагавшегося восточнее нынешнего) в результате речных перехватов и миграций русел привел к опустыниванию и упадку процветавших за четыре тысячелетия до наших дней протоиндийских го-

родов: на их месте раскинулась теперь песчаная пустыня Тар.

Со временем в числе процессов, негативно отражавшихся на природопользовании, стали все более ощущаться те, которые были следствием антропогенных изменений в природе — срабатывал механизм обратной связи. Изменения накапливались медленно, но длительность воздействия (два тысячелетия «равнинных майя», почти тысячелетняя история протоиндийской цивилизации Хараппа, двенадцать веков Древнего Рима и т. п.) приводила к жестоким последствиям. Особо отметим проблемы, которые, вновь и вновь возникая

в разных регионах, приобрели универсальный «типовой» характер.

Сокращение численности промысловых животных и площадей их ареалов; истребление видов. Этот процесс унаследован от конца палеолита, когда были уничтожены многие виды крупных травоядных, особенно в Европе и Северной Америке. Тут имело значение не только физическое уничтожение, но и изменение условий обитания (обезлесение, опустынивание и т. п.). Поэтому сокращались ареалы не одних лишь промысловых видов.

Истощение лесных ресурсов. Чрезмерное истребление лесов приводило к острому дефициту



Эрозионный рельеф «дурных земель» в Малой Азии — вследствие вырубki лесов и перевыпаса на крутых склонах

топлива и древесины как строительного материала, и возникали локальные энергетические кризисы (в Египте, Месопотамии, Китае и др.). В Средиземноморье лес, произраставший в экстремальных условиях близ южной границы его существования, возобновлялся с трудом; при частых повторных вырубках на склонах возобновляемость становилась невозможной. Нехватку леса хорошего качества покрывали импортом, причем перевозки часто осуществлялись на большое расстояние (из Ливана в Месопотамию, с Крита в Египет).

Истощение ресурсов полезных ископаемых. Весьма быстро сокращались рудные запасы, так как в основном разрабатывались месторождения, лежавшие в буквальном смысле на поверхности.

Отсюда — перевозки на сотни и тысячи километров (с Кипра — в Египет, с Британских островов — в Рим). Дефицит металлов заставлял искать заменители (например, в Месопотамии применялись терракотовые серпы).

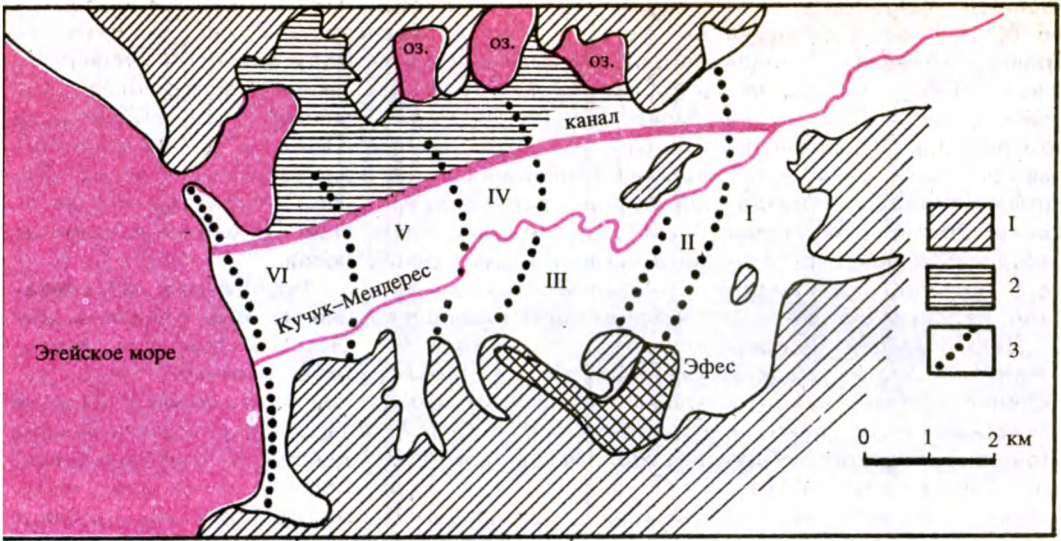
Всплеск экзогенных рельефообразующих процессов. Вырубка лесов, экстенсивное земледелие и перевыпас вызвали активизацию водной и ветровой эрозии. В максимальной степени она проявилась в Лёссовой провинции Китая и в Средиземноморье. В результате интенсивность сноса увеличилась в десятки раз по сравнению с естественной фоновой величиной, а в некоторых районах Средиземноморья и Японии покров рыхлых отложений на склонах полностью удален.

Огромный объем твердого стока, возросший благодаря усилению процессов эрозии при развитии земледелия, — причина выдвигания в море дельт Инда, Хуанхэ, многих средиземноморских рек. Реки постепенно

заиливались и становились менее пригодны для судоходства. Если вдоль берегов таких рек находились дамбы для защиты от паводков, то со временем поверхность воды оказывалась выше прилегающей равнины и угроза наводнения становилась хронической, особенно в Китае и Месопотамии.

Другое следствие увеличения твердого стока и высокой мутности рек — интенсивная **ирригационная аккумуляция**, в результате которой быстро заполнялись наносами водохранилища и оросительные каналы. Так происходило в Китае, Месопотамии, Триполитании.

Падение почвенного плодородия. Особенно ухудшило плодородие почвы земледелие на месте специально выжженных лесов (подсечно-огневое). Выгорание гумуса, а также смыв глинистых частиц и их сдувание после палов приводили к тому, что в почве становилось больше щебня, а влагоемкость снижалась. Быстро деградировали почвы в условиях расчле-



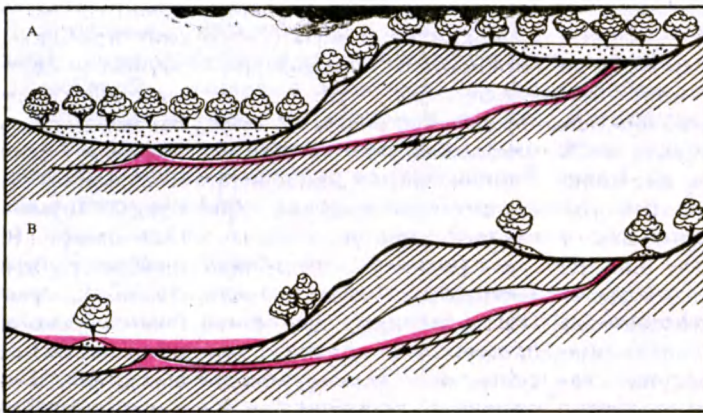
Зачиснение залива аллювием реки Кучук-Мендерес (Западная Турция), в результате чего город Эфес прекратил свое существование как морской порт. 1 — коренные породы; 2 — болото; 3 — вероятное положение береговых линий. Возраст береговых линий: I — 750 г. до н.э.; II — 300 г. до н.э.; III — 200 г. до н.э.; IV — 100 г. до н.э.; V — 200 г. н.э.; VI — 726 г. н.э.

ненного рельефа. Во II в. н. э. земледелие на Апеннингах стало нерентабельным и вынудило Рим приступить к массовому импорту зерна из Галлии (современная Франция) и Северной Африки.

Изменение режима рек. Истребление лесов вело к утрате стоком зарегулированности. Усугублялась его сезонная неравномер-

ность. Высокие паводки, сопровождаемые опасными наводнениями, чередовались с маловодьем. В

Схема антропогенной «реставрации» карста. А — верхнее поле. Атмосферные осадки быстро поглощаются вскрытыми понорами; В — нижнее поле. Вода выступает на поверхность. Вверху — засуха, внизу — потоп



частности, пока в I в. н. э. не была прорыта «Канава Траяна» — канал, соединивший Тибр с искусственной морской гаванью, портом Клавдия, и понизивший паводки на Тибре, Рим постоянно страдал от наводнений. Обезлесение малых бассейнов в условиях горного рельефа провоцировало селевые потоки.

Далмация — собственно «родина» карста: явление названо именем известнякового плато в этой исторической области. Так вот там разрушение почвенно-растительного покрова при земледелии на днищах древних карстовых котловин — **польев** — вызвало резкое ускорение циркуляции подземных карстовых вод. Если до вмешательства человека максимальные расходы подземных источников превосходили минимальные не более чем в 10 раз, то после сведения лесов, по мнению венгерского карстоведа Л. Якуча, различия могли достигнуть стократной величины. В зависимости от высотного положения польев это имело противоположные последствия. В «верхнем» полье атмосферные осадки и поверхностные воды быстро поглощались скрытыми воронками, а в «нижнем» вода внезапно выступала на поверхность. В итоге — сверху засуха, внизу — наводнение.

Засоление орошаемых земель. В районах с высокой испаряемостью избыточный полив приводил к подъему зеркала грунтовых вод до уровня, при

котором обеспечивалось их непрерывное капиллярное подтягивание к поверхности, испарение и выпадение солей (Месопотамия, бассейн Инда, Южная Туркмения и др.). Этому процессу содействовал подъем многолетнего уровня воды в реках при заилении их русел.

Аридизация (иссушение климата). Семь—пять тысячелетий назад (период климатического оптимума голоцена) климат был более теплым и влажным. Возникшая затем тенденция к естественному уменьшению увлажненности усилена деятельностью человека (перевыпас, вырубка лесов, выжигание сухой травы и кустарника в интересах пастбищного скотоводства и т. п.). Аридизация охватила север Африки, Ближний и Средний Восток, северо-запад Индостана, Лёссовую провинцию Китая... Ее очаги появились в Малой Азии, на Пиренейском полуострове, на полуострове Юкатан (Мексика).

Можно говорить о «типичных» рядах ландшафтных изменений в районах становления и развития ранних цивилизаций. Например, в европейском Средиземноморье, там, где шумел широколиственный лес, разрослись вторичные кустарниковые формации, а их сменили пустоши. Саванна Сахары уступила место пустыне. В Передней Азии и на северо-западе Лёссовой провинции Китая лесостепь, пройдя этап сухой степи, обернулась полупустыней. В бассейне Саравати (Индия) наблюдался такой ряд: муссонный

лиственный лес — саванна — сухая степь — полупустыня — пустыня. В саванну превратился тропический лес полуострова Юкатан. Современные степи среднего течения Дуная — наследники лесостепи и широколиственных лесов.

Техногенное рассеивание тяжелых металлов. Добывая и используя свинец, ртуть, мышьяк, медь, человек столкнулся еще на заре истории с токсичным действием этих металлов. Свинец, например, попадая в организм древних римлян благодаря тому, что водопровод в Риме был «сработан» из свинцовых труб. Другие источники этого вреднейшего для здоровья металла — так называемая «свинцовая паточка», добавлявшаяся для подслащения в вино, а также содержащая свинец глазурь, которой покрывали глиняную посуду.

Негативные последствия урбанизации. Ранние цивилизации создали большие города с населением в сотни тысяч, а иногда до миллиона человек и более. Там человечество впервые столкнулось с комплексом урбанистических проблем, весьма созвучными современным, — высокой скученностью населения, интенсивным, уличным движением, загрязнением городской среды, шумом, стрессом. Поэт-сатирик Ювенал, живший на рубеже I и II вв. до н. э., уверял, что в Риме умирают главным образом от невозможности выспаться. Нередки были в городах Римской империи эпидемии инфекционных заболеваний.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КРИЗИСЫ И ВОЙНЫ

В разных регионах те или иные из перечисленных проблем, а чаще их сочетания приводили к серьезным затруднениям для человека, приобретавшим характер экологических кризисов. Подобное произошло с протогородскими культурами Ирана и Южной Туркмении III—II тыс. до н. э., с цивилизацией Майя в Мезоамерике, с цивилизацией Хараппа в бассейне Инда, в Китае периода Чжаньго (V—III вв. до н. э.). Смещение политических центров в северо-западном направлении в Месопотамии вполне могло быть связано с распространением засоления орошаемых земель, начавшимся в южной части страны.

Возможно, что в некоторых случаях роль экологического фактора в судьбах ранних цивилизаций преувеличена, но, при всей спорности высказанных суждений, не приходится сомневаться, что кризисные ситуации ранних цивилизаций имели экологическую составляющую. Можно утверждать, между социальными и экологическими событиями существовала двусторонняя связь. Экологические затруднения (истощение земель, засоление при орошении, неурожаи, стихийные бедствия и т. п.) приводили к относительной перенаселенности, ухудшению снабжения продовольствием, подталкивали к дестабилизации и социальным конфликтам. Любопытно, что древнекитайская философия усматри-

вала прямую связь между экологическими ненормальностями и деятельностью человека. Считалось, что обычный ход природных процессов — верный признак правильного поведения людей, а аномалии в природе проявляются вследствие дурных нравов и неправильного образа жизни.

Внутренние смуты приводили к ослаблению военной мощи государства и провоцировали нападения внешнего врага. В свою очередь, социальные события (войны, восстания, мятежи) наносили вред агроландшафтам — вытаптывались возделанные поля, разрушались ирригационные системы и т. д. Нередко разрушение культурного ландшафта совершалось преднамеренно, с целью подорвать ресурсы противника, и приобретало масштабы настоящей экологической войны, вредные последствия которой ощущались в течение многих лет.

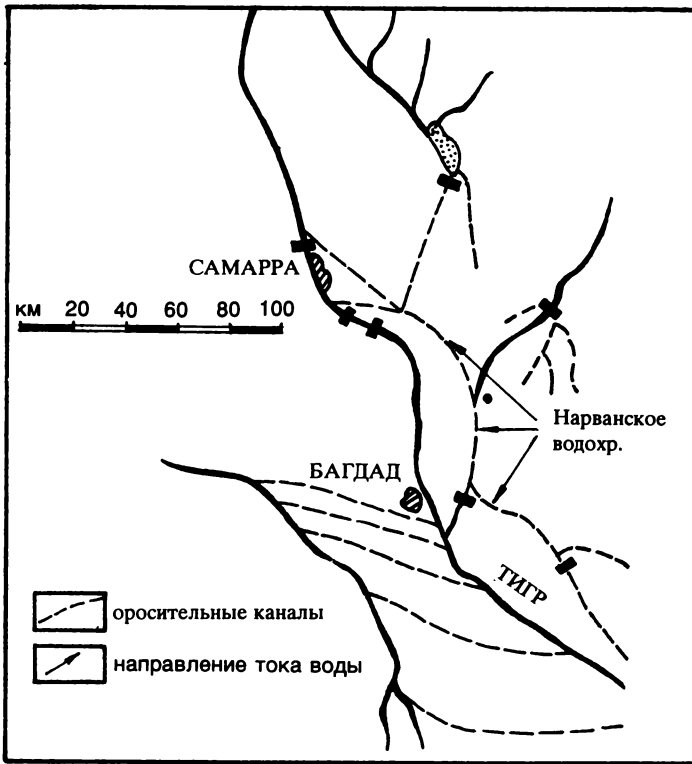
В засушливых районах придавалось большое значение уничтожению источников водоснабжения неприятеля. Подобная тактика упомянута в Ветхом Завете: «И все колодези, которые выкопали... при жизни отца его, Авраама, филистимляне завалили и засыпали землею».

В 689 г. до н. э. ассирийцы проделали бреши в плотинах и направили потоки воды на Вавилон. В 612 г. до н. э. та же участь постигла ассирийскую столицу Ниневию. Осаждавшие запрудили Тигр, и вода залила город. После этого он так и не был восстановлен. В 1258 г. монголы

разрушили защитные дамбы и оросительные сети Багдадского халифата. Земли, которые при расцвете поливного земледелия могли бы, по оценке американского эколога О. С. Оуэна, прокормить 25 млн человек, подверглись тотальному опустошению. Древняя Месопотамия совпадает с территорией нынешнего Ирака, и в середине нашего столетия, до начала современных гидротехнических работ, население этой страны составляло около 5 млн человек. На примере Месопотамии подтверждаются слова К. Маркса, что в странах искусственного орошения одна разорительная война может «обезлюдить страну на целые столетия и лишить ее всей цивилизации».

Такие же «водяные битвы» неоднократно происходили в Древнем Китае, особенно в «Период семи соперников» (770—403 до н. э.) и в «Период воюющих царств» (403—221 до н. э.). Во время монгольского нашествия во второй половине XIII в. огромные территории в бассейне Хуанхэ были затоплены.

... Случалось, что китайские правители вели реальные экологические войны с... потусторонним миром. Однажды Ши-хуан, первый император династии Цинь, переправлялся через Янцзы, чтобы посетить храм на горе Сяньшань. Сильный ветер затруднил переправу. В пережитых треволнениях придворные гадалщики обвинили обитающий на горе дух дочери мифического героя древнекитайской истории Яо. Раз-



Первичная реакция — замена потерявших продуктивность земель. Первобытные скотоводы и земледельцы оставляли эродированные или засоленные поля, деградированные пастбища, осваивая новые свободные территории или захватывая земли слабых соседей. Примером может служить Великое переселение народов в III—VII вв., когда гунны, вестготы, остготы, вандалы, аланы и другие племена вторгались в пограничные области одряхлевшей Римской империи.

Относительная перенаселенность, создававшая возрастающее давление на окружающую среду, естественно, снималась постоянным оттоком части населения. Пример — возникновение греческих колоний Средиземноморья и Причерноморья (VIII—VI вв. до н. э.). У других народов практиковалось насильственное регулирование численности населения путем умерщвления «лишних» или болезненных младенцев и глубоких стариков (Спарта, малочисленные северные народы, полинезийцы, Китай, Скандинавия, Исландия и др.).

У некоторых народов, прежде всего полинезийцев, была обычной система религиозно-мистических запретов — табу. Считалось, что пренебрежение ими грозило разрушительно несчастием, болезнью или скорой смертью. Объектами табу могли быть вещи, живые существа, слова, действия, территории и т. д. Конечно, эта система обе-

Плотины и каналы в Месопотамии в X—XI вв. В 1258 г. ирригационные системы Багдадского халифата были разрушены монгольским нашествием

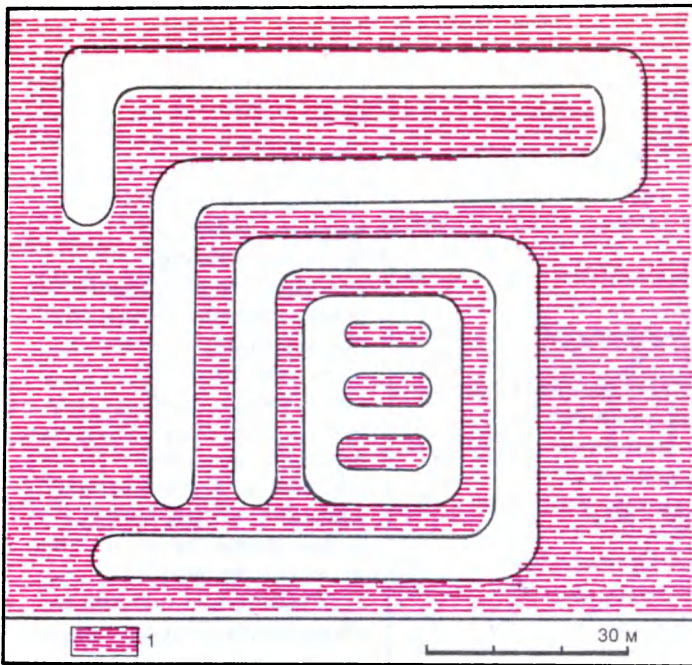
гневанный император решил отомстить. Он повел оголить гору и тем самым опозорить женщину-дух. Три тысячи каторжников были посланы на Сяньшань и вырубил деревья на склонах горы, все до единого. Об этом сообщается в «Исторических записках» Сыма Цзяня (145—86 до н. э.), автора самого полного и достоверного источника по истории Древнего Китая, «отца китайской историографии».

В степях Восточной Европы экологическим оружием обороняющейся

стороны был огонь. В XIII—XV вв. русские княжества и Золотую орду разделяло почти безлюдное Дикое поле. Русь была заинтересована в превращении этой полосы в «стратегическую пустыню» для гарантии от периодических набегов ордынцев. Поэтому, при получении сведений о приближении неприятеля на путях его возможного движения выжигалась трава, чтобы лишить вражескую конницу подножного корма.

РЕАКЦИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАТРУДНЕНИЯ

Экологические проблемы ранних цивилизаций решались различно.



План одного из участков древних «приподнятых полей» на побережье озера Титикака в Южной Америке (культура Тиауанако, III в. до н.э.—XII в. н.э.); 1 — заболоченная низина. Благодаря «иероглифическому» контуру со сложным взаимопроникновением воды и суши близ верхней границы земледелия создавался благоприятный микроклимат

Уже в древности со-
вершались действия, ко-
торые можно было бы
назвать «ремонтом» аг-
роландшафта. В зоне ис-
кусственного орошения
всегда приходилось за-
трачивать много сил на
борьбу с ирригационной
аккумуляцией, расчищая
занесенные наносами
оронительные каналы. На-

пример, в Месопотамии рабы собирали соль с поверхности потерявших плодородие полей. Но наиболее действенным путем всегда был переход к новой интенсивной технологии, характерный и для древних цивилизаций. Во внутренних районах Китая выдающуюся роль сыграла замена в III тысячелетии до н.э. первоначального мотыжного земледелия (возделывание чумизы и проса) гораздо более продуктивной культурой риса на заливных полях.

В Мезоамерике земледелие классического периода цивилизации майя (300—900 гг.) базировалось в первую очередь на «приподнятых полях», которые назывались еще «плавающими садами». Переход к «приподнятым полям» был реак-

Искусственное террасирование склонов, устраняющее во многих районах земного шара разрушительную эрозию

регала привилегии жрецов и вождей, но не так уж редко она объективно являлась проявлением рационального природопользования. В 1792—94 гг. английский мореплаватель Дж. Ванкувер трижды посетил Гавайские острова и завез туда некоторое количество крупного рогатого скота и овец. Тамеамеа — король островов Гавайи и Мува — разумно отреагировал на обогащение фауны. Он наложил на вселенцев десятилетнее табу. Благодаря этому животные быстро размножились.



цией на кризис подсечно-огневого земледелия. Они устраивались в заболоченных низинах. В топкий грунт вбивали сваи, их соединяли невысоким плетнем. Внутри огороженных участков насыпали метровой слой земли. Режим оптимального увлажнения корнеобитаемого слоя поддерживался сбросом лишней воды при дождях и ее удержанием в сухой сезон. Постоянное восстановление плодородия обеспечивалось добавками ила и биомассы влаголюбивой растительности с нижнего уровня. Результат — два гарантированных урожая в год.

В Лёссовой провинции Китая искусственное террасирование склонов (эти работы начались в интервале 206 г. до н. э. — 220 г. н. э.) остановило, казалось бы, безудержную эрозию и быстрое расширение площади «дурных земель». Террасирование хорошо зарекомендовало себя во многих других регионах земного шара.

Более двух тысяч лет назад в юго-западной части Крыма греческие колонисты осуществили многие из тех мероприятий, которые рекомендуют современные теоретики агроландшафта. Они провели, в частности, террасирование склонов, создав контурные поля-полосы даже при малых уклонах, высадили мало-рядные и однорядные лесополосы; организовали задержание стока, обеспечивающее максимальную зарегулированность водного режима; устроили живые изгороди. Все это обеспечило мозаичность агроландшафта при

мелкоконтурности участков, рациональное совмещение растениеводства и животноводства. Клеры (земельные наделы) колонистов Херсонеса Таврического (V—II вв. до н. э.) были спланированы так, что ни одна капля воды не поступала в непродуктивный сток.

Несомненные успехи древнего градостроительства. Для многих городов протоиндийской и древнекитайской цивилизаций, этрусков, эллинистических государств и Римской империи была характерна правильная планировка, с мостовыми, общественными зданиями разного назначения. В области коммунальной гигиены (водоснабжение, удаление сточных вод) некоторые из них (например, Мохенджо-Даро, Рим) достигли блестящих для своего времени результатов. Что касается древних городов майя, то это были, по существу, города-сады со свободной планировкой, близкие к идеалу известного английского архитектора Эбинизера Говарда, инициатора строительства городов-садов.

Священные рощи при храмах в разных странах представляли собой, по существу, первые заповедники. Интересно, что меркантильные римляне на первых порах весьма терпимо относились к иным религиозным культам и в завоеванных странах обычно оставляли священные рощи других народов нетронутыми. Веротерпимость отбросили при Нероне, когда членов христианских сект обвинили в грандиозном пожаре Рима.

Обожествление многих видов животных в Древнем Египте (кошка, хищные птицы, крокодил и др.) объективно представляло собой разумную меру, направленную на поддержание экологического равновесия. Это были облаченные в религиозную форму зачатки биологических методов борьбы с вредоносными животными.

В искусстве разных цивилизаций помимо прочих присутствуют и природные мотивы. Если обратиться, например, к фрескам Крита (III—II вв. до н. э.), то создается впечатление, что эти мотивы — играющие дельфины, рыбы, моллюски, распустившиеся цветы, склоненные ветром травы, ласточки — даже преобладают. В искусстве других стран экологическая эстетика тоже занимала подобающее место.

Итак, спектр вопросов, входящих в сферу внимания исторической экологии, весьма широк. Экологический опыт прошлого заслуживает тщательного изучения. В свое время «отец кибернетики» Норберт Винер писал: «Чтобы иметь отношение к будущему, мы должны отдавать себе полный отчет о прошлом». Историко-экологическая информация имеет прогнозное значение, поскольку позволяет получить представление об изменениях, которые могут произойти в окружающей среде в будущем в результате производственной деятельности человека. Опыт природопользования прошлых поколений заслуживает тщательного изучения.

Борис Александрович Воронцов - Вельяминов — старейшина нашей астрономии

(к 90-летию со дня рождения)



Астрономическая общественность и многочисленные любители астрономии готовились отметить 14 февраля 1994 г. 90-летие одного из самых ярких представителей отечественной астрономии, крупного педагога и блестящего популяризатора астрономии, доктора физико-математических наук, заслуженного деятеля науки России, члена-корреспондента Российской Академии образования, профессора Бориса Александровича Воронцова-Вельяминова. Но, когда материалы уже были подготовлены к печати, стало известно о внезапной кончине 27 января 1994 г. Бориса Александровича. Подготовленную публикацию мы посвящаем его светлой памяти.

Борис Александрович Воронцов-Вельяминов
(1904—1994)

Борис Александрович Воронцов-Вельяминов... Сложная, «двубоярская» (или боярско-княжеская?) древняя фамилия, навечно слившаяся в наши дни (1985 г.) в названии малой планеты «Воронвеля»... Это имя на слуху, оно знакомо нескольким поколениям (а для некоторых чуть ли не главное в их астрономической судьбе). Его знали все школьники 30—70-х гг., учившиеся по учебнику Б. А. Воронцова-Вельяминова (переиздан 39 раз), студенты физико-математических отделений и факультетов, наконец, те, кто выбрал

астрономию своей специальностью, прежде всего выпускники Московского университета.

За пределами страны Б. А. Воронцов-Вельяминов был известен как один из несомненных корифеев отечественной астрономии, виднейших астрофизиков-наблюдателей и оригинальных интерпретаторов, под внимательным взором которого в необъятном наблюдательном материале вдруг выявлялся совершенно новый космический объект исследований!

Для многих же астрономов-специалистов нашей страны — он был еще и великим «соблазнителем душ человеческих», которые сворачивали на астрономическую стезю порой с других, ранее избранных дорожек под влиянием его блестящих, увлекательных лекций, где все более засушиваемая формулами наука о Небе наполнялась высокой поэзией, «музыкой сфер».

Для его непосредственных учеников-друзей Борис Александрович был еще и удивительно разным, даже «многоцветным» (как современные системы в фотометрии); а потому сложным и всегда очень интересным человеком! В нем соединялись ученый и художник, логика ума и непосредственность эмоциональной легко ранимой души. Но, добавим, всегда, даже на самых крутых поворотах судьбы (как личной, так и страны), сохранялась какая-то аристократическая порядочность, чувство чести. Быть может, поэтому при всех, порой даже резких эмоциональных «столкновениях» с окружающими, он так и не приобрел за всю свою долгую жизнь, насколько мне известно, настоящих врагов. На него, по существу, нельзя было долго обижаться. А это уже говорит о многом...

Среди различных неастрономических увлечений Бориса Александровича было одно, особенно радовавшее его друзей: он был незаурядным «киношником» — автором множества оригинальных, даже трюковых домашних фильмов. («Героями» одного из них некогда довелось стать и нам, студентам-первокурсникам МГПИ, прыгавшим на морозе, как воробьи, на крыше высокого дома по Большой

Лубянке, где располагалась обсерватория института.)

И теперь, спустя четыре десятилетия после тех незабываемых дней, перед глазами яркие фрагменты этой большой сложной жизни — как бы кадры фильма, который можно назвать «Жизнь и судьба страны в судьбе одного счастливого астронома». Потому что жизнь России всего 70-летнего советского периода успела отразиться в судьбе Б. А. Воронцова-Вельяминова всеми своими гранями. И человек (к счастью), и личность (что еще важнее!) в этом горниле уцелели! В основу такого «фильма»-воспоминания легли и рассказы самого Бориса Александровича, опубликованные и устные, и впечатления автора от многолетнего общения с профессором Б. А. Воронцовым-Вельяминовым.

ФРАГМЕНТ ПЕРВЫЙ

Далекий 1921-й. Август. В тупике «Москвы-третьей», в трех километрах от Ярославского вокзала, на путях отцепленный вагон — первый московский дом Бориса Александровича, потомка двух старинных родов и сына железнодорожного служащего, только что переведенного на новое место работы из Омска. Долговязый, худой и сильно близорукий юноша в очках стремительно входит в астрономическую жизнь столицы: астрономией он занялся с 13 лет еще в родном Екатеринославе (Днепропетровске); у него имеются собственные научные результаты в традиционной для любителя области — наблюдении метеоров (о чем он уже переписывался с известным московским астрономом Ю. Эпилом) и даже... заочное знакомство с самим К. Фламарионом, от которого получено два французских астрономических журнала!

Блуждание в лабиринте московских улочек и переулков в поисках знаменитой Московской обсерватории МГУ. Шок от внезапно открывшейся за глухим забором картины — высокая серая башня с огромным куполом («на верху которого сияла, наподобие шпоры, золотая звезда!»), принятая им сначала за ... собственную обсерваторию Эпила

(последние наивные представления провинциала о взаимоотношениях государства и ученого в послереволюционной России!). А осенью того же 21-го Воронцов-Вельяминов уже создает знаменитый впоследствии «Коллектив наблюдателей» (КОЛНАБ), руководит изданием его «Бюллетеня», включается в деятельность астрономической общественности, объединенной в Российском обществе любителей миропознания (РОЛМ). Он лично знакомится с его легендарным председателем, шлиссельбуржцем Н. А. Морозовым, против которого, однако, сразу осмеливается выступить с критикой. Результат ее был неожиданным. «... Он простился со мной за руку», — записал тогда 17-летний Борис в своем дневнике.

Обескураживающие препятствия на пути в университет: «не то» происхождение, «излишне» интеллигентный вид, «чрезмерная» (для получения справки о прохождении рабфака) образованность (ведь только представителей «трудящихся» новые власти допускали в университеты!). Но все удачно преодолено, и в том же 21-м декан физико-математического факультета МГУ, известный астрофизик В. В. Стратонов зачисляет юного астронома-любителя на первый курс.

В студенческие годы начинается и серьезная научная работа: ее первые результаты — три статьи в авторитетном немецком журнале «*Astronomische Nachrichten*» за 1925-29 гг. об исследовании интегральной яркости шаровых скоплений с уверенным (непопулярным тогда!) выводом о непрозрачности мирового пространства.

Окончив МГУ в 1925 г., Б. А. Воронцов-Вельяминов вступает в новую, ставшую надолго для него главной, область исследований — астрофизику нестационарных звезд и газовых туманностей. Уже с 1924 г. он навсегда связал свою жизнь с ГАИШем.

ФРАГМЕНТ ВТОРОЙ

30-е годы... Самый мрачный период в истории советской астрономии и в судьбе всей страны. Нарастают волны политических репрессий, прежде всего

против интеллигенции. И если в начале 20-х гг. ее представителей, неугодных новым властям, лишь выслали из страны (как был выслан в 1922 г. и В. В. Стратонов), то с конца 20-х начались аресты, достигшие в 1937-38 гг. своего пика. Не миновало это и Бориса Александровича. К счастью, заключение оказалось недолгим и после двух месяцев в «Бутырке» в 1934 г. закончилось освобождением.

В первой половине 30-х гг. Воронцов-Вельяминов занимался исследованием физических переменных и новых звезд, а также газовыми туманностями, и в частности, планетарными. Последние стали особенно актуальными для астрофизиков. Создание квантовой теории излучения и рождение атомной физики позволили по-новому взглянуть на их загадочные свойства. В этой области одно из ведущих мест в мире занимали тогда выдающиеся астрофизики-теоретики Б. П. Герасимович и молодые — В. А. Амбарцумян и Н. А. Козырев. С Герасимовичем, возглавлявшим с 1933 г. Пулковскую обсерваторию, Борис Александрович работал в весьма тесном творческом контакте. Воронцов-Вельяминов (с 1934 г. — профессор, с 1935 г. — доктор наук) дал свой метод определения расстояний до планетарных туманностей (что было необходимо для понимания природы объектов), а также метод оценки температуры их необычных ядер и провел первую классификацию видимых форм планетарных туманностей.

30-е оставили свой огненный след на душах, биографиях, репутациях многих советских астрономов. После опустошительного разгрома Ленинградско-Пулковского астрономического центра изуверский режим требовал еще публичных обсуждений и осуждений арестованных ученых со стороны их коллег и астрономической общественности. Это происходило, в частности, на печально знаменитом последнем (октябрьском 1937 г.) Пленуме Астросовета, который резко разграничил астрономов. Одни либо из страха, либо используя «удобный» случай свести старые счеты, состязались в обвинительном красноречии. Другие, хотя и шли по лезвию

бритвы, ограничивались общими вынужденными рассуждениями о «необходимости бдительности», либо мужественно отказывались выступать. К последним принадлежал председатель Астросовета АН СССР академик В. Г. Фесенков (в результате Астросовет был распущен, Фесенков снят, а спустя два года вынужден покинуть и пост директора ГАИШа). В этих сложнейших обстоятельствах Б. А. Воронцов-Вельяминов также не примкнул к лагерю «обвинителей». И быть может не только неосторожная ссылка в «Сборнике задач и упражнений по астрономии» (1939 г.) на одну из книг опального Стратонова, но и позиция на Пленуме АС сыграли свою роль в дальнейшей карьере Бориса Александровича. Его имя было вычеркнуто в 1940 г. из списка кандидатов для выборов в члены-корреспонденты АН СССР неизвестным В. Т. Тер-Оганезовым, сыгравшим зловещую роль в судьбах многих советских астрономов.

Первая крупная монография «Новые звезды и галактические туманности» (1935), а затем фундаментальный «Курс практической астрофизики» (1940) завершают довоенный период в научной деятельности Б. А. Воронцова-Вельяминова.

ФРАГМЕНТ ТРЕТИЙ

Монография «Газовые туманности и новые звезды» (1948) начинает большой послевоенный период интенсивной научной деятельности профессора Б. А. Воронцова-Вельяминова. Опять в его жизни пересекаются два потока. В 1947 г. Борис Александрович был избран в члены-корреспонденты Академии педагогических наук СССР, но едва не стал жертвой новой волны репрессий, связанной с начавшейся в стране борьбой против так называемого космополитизма. И только вмешательство ректора МГУ академика И. Г. Петровского отвело эту угрозу.

Научная деятельность в ГАИШе продолжается. Теперь Борис Александрович возглавляет коллектив своих молодых учеников и сотрудников. Созданный им «Отдел новых звезд и газовых туманностей» в дальнейшем

расширил свою тематику до «Физики эмиссионных звезд и галактик». Это подразделение в ГАИШе остается одним из ведущих и теперь.

Три послевоенных десятилетия в научной жизни профессора Воронцова-Вельяминова были очень плодотворными. Одна за другой выходят его книги «Очерки истории астрономии в России» (1956 г.), «Очерки истории астрономии в СССР» (1960), «Атлас и каталог взаимодействующих галактик» (ч. I — 1959, 2-е изд. — 1970 и ч. II — 1977 г.). В этом большом труде он был продолжателем дела великого Вильяма Гершеля, впервые описавшего в конце XVIII в. такие системы как «кратные туманности с перемычками» (рассматривая в то время сами туманности как далекие системы звезд). Воронцов-Вельяминов назвал открытый им заново новый тип кратных галактик — взаимодействующими.

ФРАГМЕНТ ЧЕТВЕРТЫЙ

50-е годы. С большими телескопами в стране все еще трудно. И с характерным для отечественных астрономов остроумием и находчивостью ученый использует в качестве опорного фактического материала новый американский «Паломарский атлас неба». Впервые астроном вооружается... микроскопом (!) для выявления тончайших деталей строения галактик по их высококачественным отпечаткам в «Атласе». В результате в 1961—74 гг. выходят пять томов «Морфологического каталога галактик», составленного им вместе со своими сотрудниками. В процессе этой работы Воронцов-Вельяминов открыл не только взаимодействующие галактики, но и немало экзотических загадочных форм одиночных...

В дарственном экземпляре новой монографии 1972 г. «Внегалактическая астрономия» Борис Александрович писал, что это его «лебединая песня...». Но счастливо ошибся: до «заслуженного отдыха» было далеко. Еще предстояло подготовить второе издание этой монографии (1977 г.), а также ее английский перевод (1987 г.). Выходили новые статьи, содержащие оригиналь-

ные идеи... А кроме того многочисленными читателями — специалистами-астрономами и любителями, а также историками науки — получили счастливую возможность познакомиться с замечательным, одновременно историко-научным и популярным, даже художественным творением ученого — вторым, значительно расширенным и дополненным изданием книги о великом Лапласе (1985 г.). И, наконец, уйдя в 1982 г. формально на заслуженный отдых, профессор Воронцов-Вельяминов успел поделиться воспоминаниями об астрономической Москве своей юности (в сб. «Историко-астрономические исследования», вып. XVIII, 1986 г.). В этом небольшом очерке «Астрономическая Москва в двадцатые годы» перед нами оживает целая эпоха в жизни страны. Сжато, но емко обрисованы образы современников, детали быта, донести которые до новых поколений могут только ничем не заменимые свидетельства очевидцев.

В памяти проходят и другие кадры большой незаурядной жизни Б. А. Воронцова-Вельяминова. Он был ярким талантливым педагогом-лектором, автором учебников и учебных пособий для читателей самых разных уровней — от любопытной детворы до университетского студенчества.

Его талант педагога был неразрывно связан с талантом блестящего, остроумного популяризатора астрономии. Замечательная и очень многим известная книга «Вселенная» с ее интригующим началом «Не читайте этого!» (хотя за эту «вольность» первое издание 1947 г. резко критиковали сухари-редакторы...) привела в астрономию не одного юного читателя, в числе их и автора настоящего очерка. Книга до

1980 г. выдержала 8 изданий. А блистательные лекции профессора Воронцова-Вельяминова в МГПИ «заставили» меня покинуть физико-математический факультет Пединститута и с потерей года перейти на астрономическое отделение механико-математического факультета МГУ. Помню, в начале 50-х, захваченная лекциями Бориса Александровича и искренне огорченная его заявлением при рассказе о комете Галлея, что следующее появление знаменитой гостьи в 1986 г. ему уж... не придется наблюдать, я сочинила для него шуточный (но в целом оправдавшийся!) гороскоп в картинках и стихах, предрекая любимому профессору славную и долгую жизнь. Гороскоп заканчивался строками-пожеланиями:

«... Вперед стремиться непреклонно!
Сверхновых звезд открыть законы,
Рожденья тайну их узнать...
И, мрачных мыслей вокруг не сея,
Комету славную Галлея
В конце столетья наблюдать!»

Этот очерк, готовившийся к юбилею Бориса Александровича Воронцова-Вельяминова и оказавшийся некрологом, хочется закончить словами так почитавшегося им К. Фламариона: «Смерти не должно быть!». Но ее и не может быть, если духовный образ человека воплощен в его делах, открытиях, книгах, с которыми будет общаться, по которым будет учиться не одно поколение...

ЕРЕМЕЕВА А. И.,
кандидат физико-математических наук

Жизнь в науке

Внегалактическая астрономия

Б. А. Воронцов-Вельяминов был одним из крупнейших специалистов по внегалактической астрономии. Его интерес к ней стал развиваться с середины 50-х гг., когда Борис Александрович начал изучать спиральную структуру нашей Галактики, а затем и других галактик. Он одним из первых оценил огромное значение «глубоких» фотографических обзоров неба для поисков новых астрономических объектов.

Исследуя карты «Паломарского атласа неба», он открыл многие неизвестные ранее типы галактик: кольцевые галактики без ядер, особо плоские системы с отношением осей 1:20 (до 1:30), компактные галактики с огромным гало и др.

Особое внимание Воронцов-Вельяминов уделил поиску и классификации взаимодействующих галактик — термин, введенный им для обозначения систем двух или более галактик со следами искажения структуры. Всего им было открыто около 2 тыс. таких систем. Первый «Атлас взаимодействующих галактик», носящий его имя и содержащий 355 систем, опубликован в 1959 г., второй, содержащий данные и фотографии еще около 500 систем, — в 1977 г. За эту работу Борис Александрович был удостоен премии им. Ф. А. Бредихина АН СССР. К сожалению, важность открытия таких объектов была оценена мировой наукой не сразу, поэтому взрыв интереса астрономов к взаимодействующим системам пришелся лишь на 80-е годы.

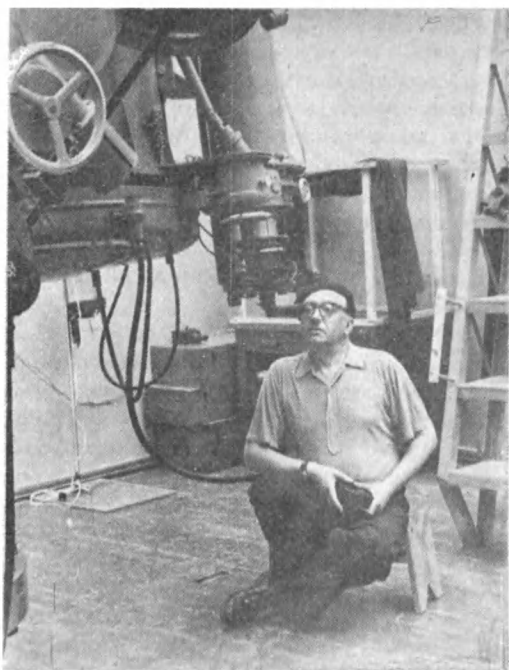
Совместно с сотрудниками возглавляемого им отдела в Государственном



Последние годы работы в ГАИШЕ (1979 г.)

астрономическом институте им. П. К. Штернберга Б. А. Воронцов-Вельяминов составил и опубликовал пять томов широко известного в мире «Морфологического каталога галактик», причем авторы его были первооткрывателями подавляющего большинства объектов. Каталог содержит описания и характеристики около 35 тыс. галактик всего северного и половины южного неба и является непревзойденным по полноте морфологических данных об этих объектах. В отличие от обычно принятой в каталогах галактик классификации ученый привел детальное описание каждой галактики, дающее исчерпывающее представление о ней и ее окружении. Данные каталога еще до сих пор не использованы в полной мере специалистами по внегалактической астрономии.

Под руководством Б. А. Воронцова-Вельяминова в конце 70-х гг. начались спектральные наблюдения вза-



У 125-сантиметрового рефлектора на Крымской станции ГАИШ под Симферополем

имодействующих галактик на самом большом в мире 6-метровом телескопе Специальной астрофизической обсерватории, в результате получены данные о вращениях и массах около 50 систем. Тогда же было открыто, что большинство взаимодействующих систем содержит много газа и в них происходит активное звездообразование. Лишь в последние годы эти объекты начали интенсивно наблюдать и исследовать астрономы других стран.

Борис Александрович первым обратил внимание наблюдателей всего мира на необычные свойства галактик, открытых в 40-х гг. К. Сейфертом и получивших название **сейфертовских**. Впоследствии стало ясно, что сейфертовские галактики представляют особую, крайне важную стадию в эволюции галактик, когда галактическое ядро становится активным источником и обладает совершенно необычными свойствами. Б. А. Воронцов-Вельяминов совместно с Г. Ивановичем составили первый в мире

каталог этих галактик, содержащий около ста объектов, открытых до 1977 г.

Ученый составил также и не опубликованный пока каталог 150 взаимодействующих галактик типа М 51. Это пары галактик, в которых одна находится точно на конце спиральной ветви другой. Происхождение и интерпретация таких систем вызывают дискуссии до сих пор.

Б. А. Воронцов-Вельяминов — автор известной во всем мире монографии «Внегалактическая астрономия», вышедшей в двух изданиях на русском языке и переведенной на английский в 1987 г.

ИЗУЧЕНИЕ ТУМАННОСТЕЙ, ЗВЕЗД И КОМЕТ

Неоценимым вкладом в науку стали обширные и разносторонние исследования Б. А. Воронцова-Вельяминова, посвященные изучению **диффузных и планетарных туманностей**. Они проводились им в течение нескольких десятилетий, начиная с 30-х гг.

В 1934 г. Б. А. Воронцов-Вельяминов составил первый каталог планетарных туманностей, в который вошло около 130 объектов. Впоследствии он создал еще несколько каталогов. Наиболее полный из них, опубликованный в 1962 г., содержал уже 600 туманностей. Для сравнения укажем, что в настоящее время известно около 1500 планетарных туманностей.

Фундаментальная монография Б. А. Воронцова-Вельяминова «Газовые туманности и новые звезды», опубликованная в 1948 г., посвящена всестороннему обзору проблемы. В нее включены и оригинальные исследования автора, в частности, новых звезд и звезд Вольфа-Райе. Монография содержит также каталоги диффузных и планетарных туманностей и эмиссионных звезд различных типов.

В самом начале 30-х гг. ученый совместно с П. П. Паренаго выполнил важную работу по определению интегральных фотографических звездных величин 150 планетарных туманностей, т. е. был оценен суммарный блеск газовой оболочки

и ядра туманности. Эти результаты, полученные в 1934 г. и основанные на допущении, что интегральная абсолютная звездная величина постоянна для всех планетарных туманностей. Метод оказался применим к оптически толстым и сравнительно малым туманностям. С учетом этих ограничений он использовался многими исследователями и до сих пор не утратил своего значения.

В 30-е гг. Борис Александрович одним из первых применил метод построения и интегрирования изофот — как для оценки интегральной яркости туманности по ее фотографическому изображению, так и для фотометрии отдельных монохроматических изображений с целью изучения структуры туманности (он сделал это для Кольцеобразной туманности в Лире и др.). Кроме того, он смог получить оценки энергетического потока в отдельных линиях излучения туманности, что позволило впервые определить химический состав планетарных туманностей.

В 40-х гг. Б. А. Воронцов-Вельяминов выявил на диаграмме Герцшпрунга-Рессела непрерывную последовательность горячих звезд, названную им «бело-голубой последовательностью», в которую, наряду с новыми звездами, звездами Вольфа-Райе, звездами классов O и B, белыми карликами, входили и ядра планетарных туманностей. Тем самым была качественно установлена принадлежность ядер планетарных туманностей к наиболее горячим объектам.

В середине 40-х гг. Борис Александрович впервые применил известные методы Занстра к определению температур звезд типа Вольфа-Райе и одним из первых — к определению температуры ядер планетарных туманностей. Таким образом было и количественно подтверждено, что ядра планетарных туманностей имеют очень высокую температуру — порядка 10^5 К.

Б. А. Воронцов-Вельяминов предложил и свой метод для определения температуры ядер, который применим к туманностям со слабыми ядрами, когда метод Занстра использовать невозможно.

Наиболее ценным вкладом в изучение планетарных туманностей стал метод определения расстояний до этих объектов, предложенный ученым в 1934 г. и основанный на допущении, что интегральная абсолютная звездная величина постоянна для всех планетарных туманностей. Метод оказался применим к оптически толстым и сравнительно малым туманностям. С учетом этих ограничений он использовался многими исследователями и до сих пор не утратил своего значения.

Начиная с 50-х—60-х гг. Борис Александрович продолжал и расширял исследования планетарных туманностей, привлекая новый наблюдательный материал. Этому способствовало создание южной наблюдательной станции ГАИШ в Крыму, одним из активнейших организаторов которой был сам Б. А. Воронцов-Вельяминов. Большинство телескопов станции конструировалось и создавалось при его непосредственном участии. Им составлялись первые программы наблюдения планетарных туманностей и других эмиссионных объектов, разрабатывалась методика наблюдений и обработки полученного материала.

В ГАИШе он организовал Отдел физики эмиссионных звезд и туманностей, создав школу по изучению протяженных эмиссионных объектов. Начиная с 60-х гг. в Отделе проводятся всесторонние исследования планетарных туманностей: работы по абсолютной спектрофотометрии, по изучению переменности туманностей и их ядер спектральным и фотометрическим методами, ведутся поиски и исследования протопланетарных объектов — звезд, находящихся на стадии перехода от красного гиганта к планетарной туманности, изучаются физические условия в планетарных туманностях и эволюция этих объектов; внедряются новые методы исследования. Это научное направление, у истоков которого стоял Б. А. Воронцов-Вельяминов, давно стало традиционным в Институте и получило международное признание.

К проблеме изучения протяженных, нестационарных небесных объектов относится также большой цикл работ

ученого по физике и эволюции комет. детально изучали комету Аренда-Рок-Так, в 1954 и 1960 г. Борис Александрович выполнил абсолютную спектрофотометрию кометы Уиппла 1949 g: при этом он одним из первых применил к полученному фотоматериалу метод Занстра-Вурма, что позволило оценить массу газовой составляющей головы кометы и сделать выводы об ее эволюции. Позднее Б. А. Воронцов-Вельяминов и сотрудники его отдела

В. П. АРХИПОВА,
старший научный сотрудник
О. Д. ДОКУЧАЕВА,
старший научный сотрудник
Е. Б. КОСТЯКОВА,
доктор физико-математических наук
ГАИШ МГУ

Информация

Юбилей открытия 11-летнего цикла

Сейчас об 11-летнем цикле солнечной активности знают все, но общеизвестно, что в 1844 г., когда он был открыт, на него мало кто обратил внимание. А открытие это сделал Генрих Самуэль Швабе (1789—1875).

Швабе окончил университет в Берлине и вернулся к себе на родину (г. Дессау), чтобы стать аптекарем. Первые годы он занимался астрономией «в свободное от основной работы время», но в 1826 г. приступил к планомерным наблюдениям Солнца, получив из Мюнхена небольшой телескоп. Вообще говоря, целью его наблюдений был поиск планеты, которая предположительно должна была бы находиться внутри орбиты Меркурия. Швабе тщательно регистрировал солнечные пятна в течение 43 лет (половину своей жизни!), ведь он думал, что рано или поздно произойдет прохождение планеты по диску Солнца.

Новую планету Швабе не обнаружил, но анализируя свой огромный массив наблюдений, заметил определенную закономерность по-

явления солнечных пятен — десятилетний цикл солнечных пятен. Это сообщение опубликовано в 1843 г., но, к сожалению, со стороны ученых не было «адекватной реакции». Надо отдать должное мужеству и настойчивости Швабе — он продолжал наблюдения, пополняя массив данных. В 1857 г. (в возрасте 68 лет) Швабе был все-таки награжден за свое открытие Золотой медалью Королевского общества.

Обработку наблюдений Швабе (с 1826 г.) произвел Гумбольдт. В 1851 г. вышел третий том его труда «Космос», и в таблице, обобщающей результаты статистической обработки данных, явно видна цикличность появления солнечных пятен.

В 1848 г. Рудольф Вольф (1816—1896) ввел понятие относительного числа солнечных пятен (W) как меру «пятнообразовательной способности» Солнца. Проанализировав все записи наблюдений солнечной активности (начиная с Галилея), он уточнил длительность цикла (11,1 г.).

Английский ученый Ричард Христофер Кэррингтон (1826—1875) еще во время учебы в колледже увлекся астрономией, работал ассистентом в одной из обсерваторий, а потом построил собственную (его отец был богатым пивоваром) с телескопом-рефлектором 4,5 дюйма на экваториальной монтировке. В 1853—1861 гг. Кэррингтон провел много наблюдений (в 1863 г. вышла монография). Однако после смерти отца в 1858 г. перед Кэррингтоном встала проблема — руководить пивоварней или изучать пятна на Солнце. Выбор был сделан, к сожалению, не в пользу Солнца...

В 1855 г. директор Цюрихской обсерватории Вольф составил программу ежедневных наблюдений чисел W . Эта работа продолжается и поныне. А начиналось все 150 лет назад...

С. М. ДБЯЧЕНКО

Владимир Федорович Уткин

(к 70-летию со дня рождения)

Если с 1903 по 1912 гг. во всем мире был известен только один ученый, опубликовавший труды в области научной космонавтики, К. Э. Циолковский, то в последующих два десятилетия появилось уже несколько его серьезных последователей: Р. Эсно-Пельтри, Р. Годдард, В. Гоман, Ю. В. Кондратюк, Ф. А. Цандер. Хотя количество специалистов в этой сфере, сомкнувшейся тогда с техникой ракетного оружия, быстро росло, но ее возглавили, сразу определившись, лишь два лидера: С. П. Королев в Советском Союзе и В. фон Браун в Германии, а затем в США. Вокруг них выросли плеяды замечательных ученых и конструкторов, многие из которых возглавили и развили свои направления ракетно-космической техники. Большинство из них уже оставили этот мир, но, в свою очередь, воспитали последователей. Сегодня трудно выделить среди этих многих блестящих ученых в области космонавтики одного, но...

ЛИДЕРСТВО И ЛИДЕР

«Транспорт — основа завоевания Вселенной,— говорил К. Э. Циолковский.— Первый великий шаг человечества состоит в том, чтобы вылететь за атмосферу и сделаться спутником Земли. Остальное сравнительно легко, вплоть до удаления от нашей Солнечной системы». Прошедшие 36 с половиной лет космической эры, включая 33 года полетов человека в космическое пространство, полностью подтвердили эти идеи основоположника космонавтики. Конечно, самыми сложными и наиболее поразившими воображение современников оказались запуск первого искусственного небесного тела — нашего «Спутника», а затем неожиданно быстрый запуск первого пилотируемого космического корабля, когда спутником Земли стал русский человек Юрий Гагарин. После этих достижений, полученных благодаря уникальным возможностям созданной опытным конструкторским бюро (ОКБ-1)

под руководством С.П. Королева многоступенчатой баллистической ракеты Р-7, первой из обширного семейства ракет-носителей, включающего «Спутник», «Восток», «Молнию», «Союз» и разрабатываемую теперь «Русь». Остальное, действительно, было сравнительно легко. Космическая деятельность быстро выросла вширь (по разнообразию космических аппаратов и их функций) и вглубь — уже охватив не только все околоземное пространство и вступив на Луну, но и затронув все окосолнечное пространство с 43 млн км от поверхности Солнца до границ межзвездного пространства. Она могла бы развиваться еще успешнее, если бы не экономические и экологические ограничения, накладываемые на нее уровнем развития транспортных космических систем.

Одним из тех, кто, преодолевая эти ограничения, внес большой вклад в развитие ракет-носителей последнего поколения, был действительный член Академии наук России и Украины



Владимир Федорович Уткин

В. Ф. Уткин. Ученый длительное время возглавлял ОКБ-586 и выросшее на его основе научно-производственное объединение «Южное» в Днепропетровске, а теперь руководит федеральным научным ракетно-космическим центром России — ЦНИИмаш РКА в Калининграде Московской обл.

О выдающемся вкладе Владимира Федоровича в развитие ракетно-космической науки и техники свидетельствуют его официальные государственные и научные награды, степени и звания. За этими наградами огромный труд и конкретные достижения академика В. Ф. Уткина.

ВЕХИ ЖИЗНИ ИНОГО ПУТИ

Владимир Федорович Уткин родился 17 октября 1923 г. в большой русской крестьянской семье в деревне Пустобор Ерахтурского района Рязанской области, всего в 30 км от села Ижевского, где на 66 лет раньше появился на свет К. Э. Циолковский.

Детство и юность прошли в рабочем поселке Лашме, куда на чугунолитейный завод устроился рабочим отец, и в городе Касимове, где Владимир учился в средней школе № 2. С ранних лет он, как и все его братья и сестры, был приучен к нелегкому сельскому труду, одинаково споро управляясь с косой, топором и лопатой, увлекался авиамоделизмом, лыжами и рыбалкой (их родной дом стоял прямо на берегу Оки, у затона). Он отлично закончил школу и мечтал о профессии авиаконструктора, тогда самой престижной. Начавшаяся война нарушила эти планы. Призванный в армию через несколько дней после выпускного вечера, Уткин заканчивает курсы военных телеграфистов и попадает служить в авиацию, в 49-ю отдельную роту 278-й истребительной сибирской авиационной дивизии резерва Ставки Верховного Главнокомандующего, пройдя с нею путь от Волхова до Берлина. За мужество и отвагу, проявленные на фронтах Отечественной войны, молодой командир был удостоен двух боевых орденов Красной звезды и ряда медалей.

После Победы Владимир Федорович решил посвятить жизнь созданию новой военной техники и поступил в Ленинградский военно-механический институт на факультет реактивного вооружения. Совмещая учебу с конструкторской и, как теперь бы мы сказали, менеджерской, работой — получать для института заказы от промышленности, — он приобрел не только богатые знания, но и важный инженерный опыт. Преддипломную практику Уткин проходил в подмосковном Калининграде, который уже тогда стал неофициальной столицей отечественной ракетной техники, в Институте реактивного вооружения Министерства обороны (НИИ-4), куда и был распределен на работу, получив в 1952 г. диплом инженера-механика. Но поставленные здесь перед ним задачи и явно вспомогательная роль, которая была уготована гражданскому специалисту в военном коллективе, его не устроили, и он с удовольствием принял перевод в только что создавшееся СКБ-586 в Днепропетровске, где с головой ушел

в организацию серийного производства Р-2, лучшей ракеты того времени, разработанной в ОКБ-1 С. П. Королева. Главный конструктор СКБ В. С. Будник быстро заметил инженерную хватку молодого специалиста, его организаторские способности, сразу же завоеванный в коллективе авторитет и стал поручать ему самостоятельную ответственную работу.

Эти годы, пожалуй, были самыми напряженными в его жизни (месяцами приходилось работать по 14—15 часов в сутки), но именно они закаляли его и предопределили успех всей последующей деятельности. Ведь тогда в стране специально не готовили организаторов и руководителей, а вузовской инженерной подготовки для этого было недостаточно. Поэтому для становления молодых руководителей (конечно, при наличии необходимых технических знаний и творческого таланта) часто решающим становился опыт работы с людьми по партийной и комсомольской линии, которая в научных и конструкторских коллективах не столько носила идеологический аппаратный характер, сколько была направлена на повышение уровня производственных отношений.

В 1954 г. на базе СКБ организовалось опытное конструкторское бюро во главе с М. К. Янгелем, в котором Уткин, как уже опытный специалист, сразу же стал играть существенную роль. В 1961 г. в возрасте 37 лет Уткин стал заместителем, а в 1967 — первым заместителем главного конструктора. В это время М. К. Янгель уже много и тяжело болел, и ответственность за работу коллектива постепенно все больше ложилась на плечи первого зама. Наверное поэтому, после кончины главного, вопрос о том кому возглавить предприятие был решен почти автоматически. Уткин не затеял никакой фундаментальной перестройки, наоборот постарался поддержать налаженную работу коллектива и всей огромной кооперации смежников, упрочить сложившиеся традиции.

За 19 лет работы под руководством В. Ф. Уткина НПО «Южное» создало лучшие в мире межконтинентальные ракеты различных классов, существенно



В. Ф. Уткин выступает перед коллегами

превосходящие американские. И не случайно главными объектами нападков американцев на переговорах по ограничению стратегических вооружений были тяжелая жидкостная ракета СС-18 (аналогов которой США не имели), способная поражать любую точку земного шара с любого направления в условиях преодоления любых средств противоракетной обороны, в том числе и СОИ, и еще более совершенная твердотопливная ракета мобильного базирования СС-24.

В. КОСМОС СВОИМ ПУТЕМ

Организованное для создания ракетного оружия ОКБ-586 вслед за Р-12 создало ракету Р-14 с вдвое большей дальностью, до 4000 км, после чего перед ним встала гораздо более сложная задача — приступить к созданию на тех же принципах межконтинентальной ракеты Р-16. Она, по замыслам заказчика, при равных технических характеристиках по удобству эксплуатации должна была превосходить Р-9, новую кислородно-керосиновую ракету ОКБ-1. Казалось бы при таких задачах молодому коллективу можно было больше ни о чем другом и не думать, но время уже звало в космос...

Когда стало очевидно, что малые

спутники для решения многих научных и оборонных задач будут иметь преимущества перед крупными и запускать их с помощью Р-7 будет расточительно, проектно-конструкторские разработки по ним были переданы из ОКБ-1 в ОКБ-586, перед которым вновь была поставлена задача разработать легкую и максимально дешевую ракету-носитель. Что было успешно решено в марте 1962 г. созданием РН «Космос» с Р-12У в качестве первой ступени и новой второй ступенью. Проектирование носителя и простейшего «спутника» (ДС-1) велось под руководством В. М. Ковтуненко. Подразделения же, руководимые Уткиным, разрабатывали ее конструкцию, обращая особое внимание на надежность и безопасность работы с ней. Это направление надолго стало основным для творчества Владимира Федоровича, поскольку на него персонально была возложена задача обеспечить хранение в течение пяти и более лет стратегических ракет готовыми к пуску, а значит заправленными крайне агрессивными ко всем материалам жидкими компонентами топлива. США тоже пытались решить эту проблему на МБР «Титан-II», но после случившейся катастрофы признали это нереальным и для всех стратегических ракет полностью перешли на твердые топлива. У нас же проблему удалось решить, подключив к работе множество академических и ведомственных НИИ и КБ металлургического, физико-химического, химического и других направлений. Исследования касались физики течения газов и жидкостей в микрокапиллярах, межкристаллической и внутрикристаллической коррозии, влияния состава и качества материалов на их проницаемость. Были разработаны методы экспериментальных исследований и расчетов, определены нормы герметичности для различных материалов и компонентов топлив, требования к металлургическим полуфабрикатам и технологии производства, испытаниям и контролю топливных баков, трубопроводов, клапанов и другой гидравлической арматуры, а также внутрибаковых измерительных средств. В это время Владимира Федоровича прак-

тически нельзя было заставить в кабинете, Он всегда находился там, где необходимо принимать очередное решение, определявшее дальнейший ход работ: в лабораториях, цехах, на испытательных площадках, днем и ночью, в будни и праздники. Было непонятно, когда он отдыхает: и в гостинице, и в поезде, и в самолете всегда был окружен сотрудниками, кого-то выслушивал, кому-то давал указания и советы, кого-то убеждал. И рассмотренная проблема, как и многие другие, не менее сложные, оказывалась решенной во вполне реальные сроки...

Особой заботой генерального были отношения с заказчиками, от которых зависело, какие из перспективных проектов ОКБ, подкрепленных исследованиями ЦНИИмаш, получат право на осуществление. «Право же на жизнь» они получали после летних испытаний, руководство которыми составило важнейшую сторону многогранной деятельности генерального конструктора ракетно-космических комплексов, превосходящую по степени ответственности, напряжения всех духовных и физических сил все остальные, вместе взятые. Испытательные пуски подводят итоги многолетнему, упорному, целенаправленному труду многих десятков тысяч специалистов не только головного ОКБ и предприятия-изготовителя (обычно — производственного объединения «Южный машиностроительный завод»), но и огромной кооперации по всей стране. Следующим шагом днепропетровцев в космос было создание ракеты-носителя на базе ракеты Р-14, в открытых публикациях называвшейся «Интеркосмос». Эта ракета-носитель получилась удачной и, начиная с 1964 г., успешно вывела на орбиты многие днепропетровские и красноярские спутники с массой до 1 т.

В начале 60-х гг. С. П. Королев приступил к созданию новой грандиозной ракетно-космической системы на основе сверхтяжелой ракеты-носителя Н-1 (Земля и Вселенная, 1993, № 4, с. 62, № 5, с. 77), чьей первой задачей должно было стать осуществление лунной экспедиции. По его расчетам эта программа должна была стать делом всей отрасли. Он надеялся, что

М. К. Янгель возьмет на свой коллектив разработку всех ракетных блоков орбитальной части системы (предварительно они об этом договорились). Но в последний момент, ссылаясь на перегруженность оборонными заказами, М. К. Янгель взялся только за разработку ракетной части лунного корабля ЛК, и, нужно отдать им должное, днепропетровцы прекрасно справились с этой задачей. И хотя непосредственно за разработку конструкции ракетного блока «Е» отвечал Б. И. Губанов, а его двигателей — И. И. Иванов, первому заместителю главного конструктора В. Ф. Уткину тоже пришлось заниматься созданием этого уникального объекта, который в 1970—71 гг. прошел успешные летные испытания на околоземной орбите в составе экспериментального корабля Т-2К.

Королев рассчитывал на широкое участие днепропетровцев в лунной программе, что наверняка способствовало бы ее более успешному осуществлению. Но по настоянию основного разработчика мощных ЖРД академика В. П. Глушко, в тот период столкнувшегося с серьезными трудностями в создании кислородных двигателей, но преуспевавшего в создании азотнотроксидных (категорическим противником применения которых на тяжелых носителях был С. П. Королев), М. К. Янгель решил на разработку проекта своего тяжелого носителя Р-56, альтернативного, как и челомеевский УР-700, проекту Н-1. К сожалению, кроме далекого от государственных интересов распыления сил из этого соперничества ничего не вышло.

Нового успеха ОКБ «Южное» достигло, вернувшись к своим основным принципам разработки ракет-носителей на основе боевых ракет. Это позволяло создавать носители с минимальными затратами средств и времени. Удешевление достигалось использованием в составе носителя ступеней боевых ракет после снятия их с дежурства или хранения по истечении гарантийных сроков с соответствующим ремонтом или переработкой. В 1972 г. под двухступенчатый носитель была приспособлена, за счет сравнительно небольших доработок, двухступенчатая

МБР СС-9, способная выводить на опорную орбиту груз до 3 т. Вместе с совершенствованием этой машины, превратившим ее в выдающееся достижение инженерной мысли — тяжелую МБР СС-18, шло совершенствование и основанной на ее ракетных блоках ракеты-носителя, названной «Циклон».

При стартовой массе в 188 т РН «Циклон», принятая в эксплуатацию в 1980 г., стала способна выводить на опорную орбиту 4 т полезного груза. Но не в этом были ее качественные преимущества по сравнению со всеми ранее созданными. В ракетно-космическом комплексе «Циклон», стартовые позиции которого были сооружены на космодроме Плесецк, безопасность подготовки ракеты к старту, которую всегда старался проводить В. Ф. Уткин, доведена до предела. По степени механизации и автоматизации всех работ, при полной «безлюдности» стартового комплекса «Циклон» не имел аналогов во всей мировой ракетно-космической технике. После сборки прямо на железнодорожном транспортно-установочном агрегате в горизонтальном положении ракетно-космической системы, включающей ракетные блоки трех ступеней, космический аппарат и защищающий его и третью ступень головной обтекатель, ее доставляют на старт, где все дальнейшие технологические операции производятся в автоматическом режиме: установка в вертикальное положение и стыковка всех электро-, пневмо- и гидрокоммуникаций ракеты со стационарными коммуникациями стартового сооружения, ее прицеливание, заправка компонентами топлива и пуск. Управление работами и контроль за их выполнением ведутся автоматизированной системой управления с цифровым вычислительным устройством по специальной циклограмме в координатах единого времени. Это обеспечивает пуски «Циклона» в точно заданный момент в любое время года и суток при любых метеорологических условиях при скорости ветра у Земли до 20 м/с. Высокоточная система управления ракеты и многорежимная двигательная установка ее третьей ступени позволяют

точно выводить полезный груз до 4 т на разнообразные круговые и эллиптические орбиты с высотами перигея от 200 до 3000 км и апогея от 200 до 8000 км. Все эти качества позволили выйти отечественной космонавтике на новый этап: перейти от единичных, хотя и частых запусков космических аппаратов к постоянно действующим орбитальным группировкам оборонного и народнохозяйственного назначения.

Следующий шаг в развитии отечественных транспортных космических систем стала разработка их унифицированного ряда по единому плану с участием основных ракетостроительных фирм.

Первой в этом ряду стала новая двухступенчатая ракета-носитель конструкции В. Ф. Уткина «Зенит-2». Выводя на опорную орбиту до 13,8 т при стартовой массе 459 т, она относится к среднему классу. После неудачи с созданием Н-1, «Зенит» — первый отечественный носитель, разработанный специально как транспортная космическая система для выведения на орбиту автоматических и пилотируемых космических аппаратов различных типов и назначений. Он разработан на основе универсального ракетного блока первой ступени «Зенит-1», совместно проектировавшегося специалистами НПО «Южное» и НПО «Энергия». Для этого был создан самый мощный в мире кислородно-керосиновый ЖРД РД-170 тягой 740—806 т. При диаметре 3,9 м и длине 33 м блок имеет стартовую массу 353 т. Стартовая масса второй ступени РН «Зенит-2» составляет 90 т при длине 11 м и том же диаметре.

Создание РН «Зенит», ставшей самой совершенной ракетой в своем классе, имеет важнейшее значение не только само по себе, но и как ступень к созданию сверхтяжелой ракеты-носителя «Энергия». Универсальный блок «Зенит-1», прошедший полный цикл разработки, наземных и летных испытаний в составе РН «Зенит-2» с 1985 г., затем в количестве четырех боковых блоков использовался в качестве первой ступени РН «Энергия». Причем, в стартовых комплексах «Зенита» и «Энергии» использованы те же принципы полной механизации и автоматизации, которые впервые применялись в «Циклоне». Преемственность работ днепропетровского и калининградского коллективов сказалась в переводе заместителя Уткина Б. И. Губанова в НПО «Энергия». Губанов стал главным конструктором этой мощнейшей ракеты, совершившей успешные полеты в 1988 и 1989 гг. Сам же Владимир Федорович, размах деятельности которого давно вышел за рамки одного, пусть самого крупного и передового, НПО, с 1990 г. руководит головным научным институтом Российского космического агентства — ЦНИИ-машиностроения, представляющим собой комплекс научных центров, развивающих практически все теоретические и экспериментальные направления ракетно-космической науки, включая управление космическими полетами и разработку федеральной космической программы России.

Ю. В. БИРЮКОВ
зав. историческим сектором ЦНИИмаш

А. А. Григорьев — создатель учения о географической оболочке

(к 110-летию со дня рождения)

Л. С. АБРАМОВ,
доктор географических наук

Едва ли не древнейшая из наук — география — вступила в XX в. как описательная. И поскольку описание суши к тому времени практически было завершено, считалось, что и география как наука выполнила свою задачу и сохранится в дальнейшем лишь в качестве учебного предмета или компонента страноведения. Однако в середине XX в. у старой науки как бы обнаружилось «второе дыхание», подготовленное деятельностью отдельных ученых XIX столетия. Перед географией открылись новые задачи и перспективы. Особенно большая роль в осознании этого и в разработке теории современной географии принадлежала академику Андрею Александровичу Григорьеву.

ПРЕДШЕСТВЕННИКИ

Еще в XIX в. лицо географии определяли экспедиции отважных мореплавателей и целая плеяда путешественников — героев внутриматериковых открытий. В России их организовывали общества, в первую очередь, Императорское Русское Географическое общество (ИРГО). А лучшие обобщающие работы, в том числе 12-томная «Живописная Россия» и завершенное наполовину «Россия. Полное описание нашего общества», «Азиатская Россия», изданная Переселенческим управлени-

ем, продолжали в основном традиции статистики или описательного государственоведения. В Российской Академии наук география вовсе не была представлена, географов практически не готовили в университетах.

Между тем, в многочисленных экспедициях, исследованиях, экскурсиях накапливался массовый материал о природе, и многие достижения отраслевых и смежных с географией наук внесли в нее свой заметный вклад. Отдельными учеными сделаны особенно важные обобщения для будущего комплексной физической географии. Родоначальник многих гидрометеорологических дисциплин, климатолог А. И. Воейков (1842—1916) большое внимание уделял изучению энергетики климатических процессов и явлений, мечтал завести «приходно-расходную книгу» превращения солнечной энергии (Земля и Вселенная, 1992, № 5, с. 38). А основатель современного почвоведения В. В. Докучаев (1846—1900), по образованию минералог и геоморфолог, выдвинул представление о почве как природном теле, обра-

зованном в результате воздействия на материнскую породу целого набора природных факторов, и установил ряд закономерностей территориального размещения почв. Сформулированный им в конце жизни закон **мировой почвенной зональности** послужил теоретической базой для развития многих естественно-исторических наук.

Базируясь на достижениях «отраслевых» дисциплин, первым крупное обобщение с позиций комплексной физической географии сделал **Л. С. Берг** (1876—1950). Основоположник отечественного ландшафтоведения, он выдвинул представление о ландшафте как о единстве, основанном на сочетании компонентов природы, стремящихся к гармонии. В этом сочетании, утверждал ученый, особенно подвижны климат и деятельность человека, обуславливающие изменения и других компонентов.

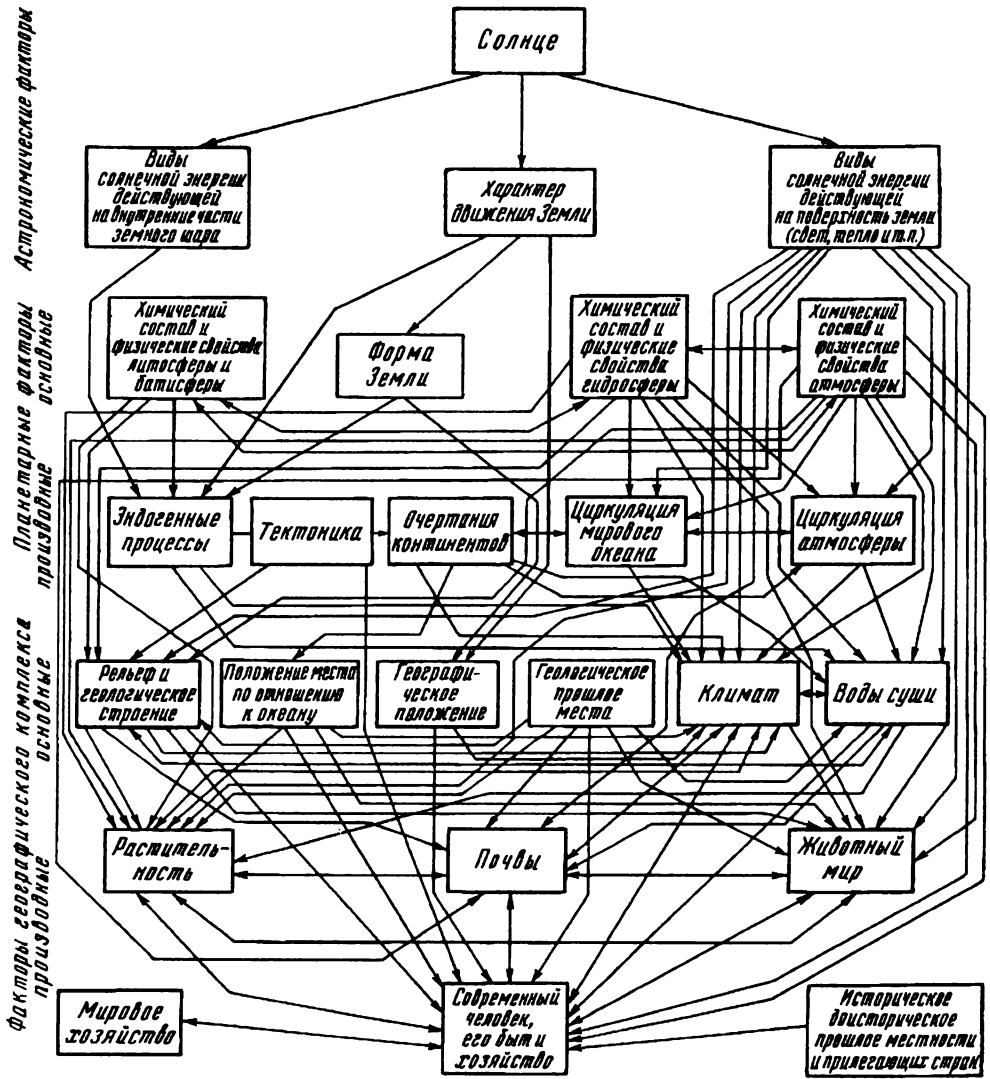
Уточнил Л. С. Берг и докучаевское представление о зоне как об области преобладающего развития однотипных ландшафтов. Авторитет энциклопедически образованного ученого был очень высок. Однако, следуя выводам известного немецкого географа **А. Геттнера**, он считал географию описывающей пространство (хорологической) наукой и резко ограничивал сферу ее интересов, относя изучение внешних воздействий на ландшафт к компетенции других наук: геологии, геофизики, астрономии. Да и сами характеристики ландшафтов, построенные преимущественно покомпонентно, были в известной мере группировкой эмпирического материала. Все это мало меняло представление о географии как об описательной науке, способной, в лучшем случае, объяснить размещение предметов, явлений, ландшафтов.

ГЕОГРАФИЯ СТАНОВИТСЯ АКАДЕМИЧЕСКОЙ НАУКОЙ

Некоторые изменения отношения к географии в Академии наук были связаны с необходимостью выявить, с целью рационального использования, территориальные сочетания естественных производительных сил, для чего в составе Комиссии по изучению ес-

тественных производительных сил (КЕПС) (Земля и Вселенная, 1991, № 2, с. 59) в 1918 г. был создан Отдел промышленно-географического изучения Центра России. История образования этого учреждения, дальнейшего его преобразования и развития связана прежде всего с именем **Андрея Александровича Григорьева** (1883—1968). Именно его работы в значительной степени способствовали существенному изменению самого содержания географии и превращению ее в современную науку, решающую практические задачи и фундаментальные проблемы.

А. А. Григорьев закончил естественное отделение Петербургского университета как зоолог. Еще студентом участвовал в экспедициях на север европейской России, проявляя интерес к изучению взаимосвязей в природе. По окончании университета преподавал в частных гимназиях. В 1905 г. появляются его первые публикации — статьи в энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона. В то же время Григорьев работал ассистентом у известного океанолога и ихтиолога Н. М. Книповича (1862—1939), проводил экспедиционные исследования в Большеземельской тундре. Уехав в 1908 г. по состоянию здоровья за границу, он до 1914 г. продолжал образование в Гейдельбергском и Берлинском университетах, изучая географию (главным образом экономическую) и философию. В Гейдельберге слушал лекции А. Геттнера. В годы первой мировой войны выполнял задания Комитета Военно-Технической помощи объединенных научно-технических организаций. В 1916 г. Григорьев преподавал на Докучаевских географических курсах, затем, параллельно с работой в КЕПС'е, заведовал кафедрой страноведения и был деканом общегеографического факультета Географического института, профессором Петербургского университета. С 1918 г. и до последних дней жизни Андрей Александрович работал в Академии наук. Долгие годы возглавлял центральное академическое учреждение в области географии, выступавшее в различных модификациях (сначала Отдел КЭПС, по-



том Института геоморфологии и физической географии и, наконец, Институт географии Академии наук СССР).

А. А. Григорьев проявил себя умелым руководителем этих учреждений: составлял проекты программ научных исследований, выступал их непосредственным организатором и исполнителем, подводил в докладах и в печати итоги работ, определяя их место в науке. Он был одним из признанных лидеров отечественной географии, настойчиво отстаивая ее представительство в Академии.

Схема факторов, воздействующих на географическую среду и взаимодействующих между собой. Опубликовано А. А. Григорьевым в 1926 г. в журнале «Природа» (№5—6)

ПУТЬ ТЕОРЕТИКА

Конечно, главное для ученого-теоретика — научное творчество. И в этом — в главном — мне представляется, мы еще далеко не полностью оценили, изучили, освоили, продолжили разработкой вклад Андрея Александровича в современную науку.

А. А. Григорьев внимательно следил за развитием всей науки, прежде всего смежных областей, и умело ассимилировал их достижения, существенные для географии. Мало этого, он во многом шел впереди других наук, обеспечивая лидерство географии, раньше других внедрял, разрабатывал **системные подходы**. По сути дела, он превратил географию, сказали бы мы сегодня, в науку о больших системах.

Первый шаг в этом направлении сделан в статье А. А. Григорьева «Задачи комплексного изучения территории» (1926), где утверждалось, что любой объект должен изучаться комплексно, т. е. набором наук. Такое **комплексное исследование** выявило генезис, взаимосвязи, энергетику, химические и физические процессы, обуславливающие внутреннее превращение вещества и энергии, а также внешние воздействия на комплекс. Приложенная к статье схема живет вот уже 70 лет и до сих пор остается непревзойденной, почти не нуждаясь в дополнениях. В статье говорится о значении взаимосвязей для быта и хозяйства людей, о том, что недоучет их ведет к просчетам в деятельности общества. И излагается целая программа изучения географической среды; наряду с экспедициями предлагается организация научных центров, стационарных и полустационарных исследований. Это не формулировка постулата, а выстраданное, продуманное, даже уже апробированное. И ясный взгляд вперед.

Впервые в отечественной практике Григорьев создал в академической Якутской экспедиции (1926) комплексный географический отряд, задачей которого стало изучение именно географической среды как единого целого.

ГЛАВНОЕ — ВЗАИМОСВЯЗИ

Следующее крупное обобщение А. А. Григорьев сделал в 1931 г., рассматривая вопросы физико-географического изучения страны. Отстаивая необходимость создания **самостоятельного географического института** в системе Академии, он первым заговорил

о кризисе толковательно-описательного периода географии и призвал перестроить науку, перенеся центр тяжести на выявление процессов динамически развивающейся географической среды. Их следует характеризовать не только качественно, но и количественно, привлекая современные методы физики и химии. Речь шла о новой методологии физико-географического анализа и синтеза, о создании принципиально новых работ не только на территории СССР, но и для всего земного шара, поскольку географическая среда Земли представляет собой единую закономерную систему. В основе ее единства лежит сложный динамический **географический процесс обмена вещества и энергии**, состоящий из множества частных процессов — геоморфологического, климатического, гидрологического, биологического и т. д.

Географы должны не только показать многообразие ландшафтов и объяснить их происхождение. На первый план выдвигалось изучение связанного с балансом энергии **соотношения тепла и влаги**, подчиняющегося закону зональности. А показателем интенсивности географического процесса, наряду с перемещением неорганического вещества, Григорьев считал биологическую продуктивность, накопление живой и мертвой органики. Мастер дедукции, изучавший философию в Германии и очно споривший с признанным «классиком» географии Геттнером, уже тогда строил в уме модели географической среды. Критикуя хорологические представления своего учителя, он объявляет главной задачей изучение физико-географической оболочки (оболочки, а не среды) и протекающего в ней **физико-географического процесса** на основе баланса вещества и энергии в целом, так и их местных, а также внешних проявлений, отражающих типы структур.

На I Всесоюзном географическом съезде в 1933 г. А. А. Григорьев поставил задачу изучения структуры и динамики **географической оболочки**, подчеркнув, что в слагающих ее частях — литосфере и атмосфере, гидросфере и биосфере — протекают самосто-

ятельные процессы, изучаемые отраслевыми науками.

Физическая география должна изучать общие закономерности и взаимосвязи между формирующими процессами, обусловленные ими местные особенности и их типологию, образуемые ими структуры. На этой основе следует создать районирование поверхности земного шара. Л. С. Берг выделял природные зоны «снизу» — как области преобладания тех или иных типичных ландшафтов. А. А. Григорьев в докладе на Международном географическом конгрессе в Варшаве в 1934 г. сформулировал **новые принципы районирования** — от общего к частному — от оболочки и ее крупных частей до выделения ландшафтов. Тогда впервые с идеями русского географа познакомились зарубежные ученые. Было признано, что эти идеи определили мировую географическую мысль.

А. Григорьев занялся поисками закономерностей морфологической структуры земного шара, пытаясь увязать представления о рельефе, химическом составе, тектонике Земли и выявить общие и индивидуальные черты строения всех материков и океанов.

В 1934 г., в связи с реорганизацией Академии наук и ее переездом в Москву, Геоморфологический институт преобразован в Институт физической географии. Тогда же в журнале «Известия АН СССР» появилась «серия географическая и геофизическая», стали издаваться сборники «Проблемы физической географии». Все это свидетельствовало о признании географии наукой академической, фундаментальной. Наконец, в 1938 г. учреждается Отделение геолого-географических наук (ОГНИ), а А. А. Григорьев избирается действительным членом Академии; до конца жизни он оставался заместителем академика-секретаря ОГГН.

УЧЕНИЕ О ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ

В конце 30-х гг. Андрей Александрович приступил к работе над главным своим трудом «Опыт аналитической



А. А. Григорьев на полевых работах в Большеземельской тундре в 1922 г.

характеристики состава и строения физико-географической оболочки земного шара».

По его мнению, географическая оболочка охватывает верхнюю часть земной коры, где протекают процессы, непосредственно влияющие на строение и характер земной поверхности, нижнюю часть атмосферы и включает в себя гидросферу, почвенный и растительный покровы и животный мир. Различаются: подземная часть оболочки — до поверхности Мохоровичича, разделяющей земную кору и мантию, и основная внешняя часть — от поверхности Земли до тропопавзы. В отличие от других сфер земного шара (а также от поверхности других планет), в географической оболочке вещество встречается в **трех агрегатных состояниях**. Процессы протекают как за счет космических, так и теллурических источников энергии. И только в ней есть жизнь...

Географическая оболочка — **открытая система с тесными внутренними**

взаимосвязями, взаимопроникновением и взаимодействием всех компонентов. В ее основе лежит обмен веществ и энергии как между ними, так и между оболочкой и космосом. Динамику оболочки, ее развитие и дифференциацию, усложнение во времени определяют неразрывно связанные и подчас противоположно направленные процессы прихода и расхода вещества и энергии, ассимиляции и диссимиляции. В своем развитии оболочка прошла три этапа. Начало первому из них — неорганическому — положено отделением суши от океана и выделением атмосферы; в конце его складываются условия для развития жизни. На втором этапе в составе географической оболочки образуется биосфера, преобразующая все протекающие в ней процессы. На третьем — современном — в географической оболочке возникает человеческое общество, преобразующее ее в ходе производственной деятельности.

Отношение географов к учению А. А. Григорьева было далеко неоднозначным. И. П. Герасимов, а вслед за ним и некоторые другие географы говорили об идентичности географической оболочки с биосферой В. И. Вернадского и считали лишним вводить это понятие, чтобы не вносить разночтения в ряде естественников, осложнять международные научные связи. Некоторые философы увидели в учении о географической оболочке теоретическое ядро физической географии и сетовали, что ничего равнозначного нет у современной экономической географии. И. М. Забелин, предложив другое название — биогеносфера — считал, что географии, именно благодаря учению Григорьева об оболочке, предопределена в современном естествознании роль своеобразной натурфилософии.

Между тем, В. И. Вернадский подходил к биосфере с точки зрения развития планеты, выделяя ее как сферу, насыщенную жизнью, вел исследования с биогеохимических позиций, интересуясь, главным образом, глобальными характеристиками биосферы. Географ А. А. Григорьев пришел к своему пониманию географической оболочки (выделенной, как он признает, под влиянием идей

В. И. Вернадского и А. Е. Ферсмана), отталкиваясь от понятия среды жизни человечества. Его основной целью было изучение пространственной структуры оболочки. При этом наряду с геохимическими, он широко применял и геофизические методы. Григорьева интересовали не только отдельные компоненты оболочки, но и их взаимодействие, формирующее единый процесс, воздействующий и на жизнь общества. Он установил ряд присущих оболочке сугубо географических закономерностей, считая задачей географии их поиск и использование на благо людей.

Важнейшее обобщение — периодический закон географической зональности, сформулированный А. А. Григорьевым совместно с климатологом М. И. Будыко. Обнаружено, что отношение годового радиационного баланса к количеству тепла, необходимого для испарения всей годовой суммы осадков, т. е. индекс сухости, повторяется в пределах каждого теплового пояса. На значительном удалении друг от друга формируются сходные типы растительности и почв: лесные, лесостепные, степные, пустынные, конечно своеобразные в каждом поясе. Введено им и понятие об этапах развития оболочки, чем положено начало эволюционной географии.

ПРАКТИЧНОСТЬ ХОРОШЕЙ ТЕОРИИ

А. А. Григорьев сам реализовал свои теоретические представления и дал прекрасные образцы географических характеристик нового типа, работающие и сегодня. Предложенный им метод расчета балансов вещества и энергии позволяет получить количественные сведения об истории изменения, например, химического состава атмосферы, понять многие закономерности динамики географической оболочки, о которых ранее можно было только догадываться.

Идеи А. А. Григорьева о целостном физико-географическом процессе в географической оболочке и о зональных изменениях соотношения количества тепла и количества влаги стали одной из основ современных представлений о глобальной климатической



А. А. Григорьев — директор Института географии Академии наук СССР, 1968 г.

системе. Произошел переход климатологии (скачком) из раздела «устаревших» описательных наук на передовой фронт наук, стремящихся к прогнозу развития явлений.

Именно системный охват взаимовлияющих друг на друга компонентов оболочки: климата, вод, растительности, подстилающей поверхности и развивающейся биосферы сделали корректной задачу моделирования развития оболочки и прогноз ее изменения. Конечно, внедрение количественных методов, анализа генезиса процессов, их физической и химической сущности, приведение формул, также как и си-

стемных подходов — важные признаки фундаментальной науки. Но все-таки главное — наличие своего, и при этом значимого, объекта исследований, своих специфических методов, наконец, важных проблем, решение которых имеет существенное теоретическое и практическое значение.

Обоснование географической оболочки, выявление ее специфики, осмысление сути формирующего ее комплексного географического процесса, указание путей дальнейших исследований, — все это позволило древней географии стать современной наукой и дает право судить о А. А. Григорьеве как о выдающемся ученом, стоящем в одном ряду с В. И. Вернадским, А. Е. Ферсманом, Л. С. Бергом.



Бурное звездообразование: от 30 Doradus до квазаров

В. Г. СУРДИН,
кандидат физико-математических наук
ГАИШ МГУ

Интереснейшая астрономическая конференция состоялась 8 — 12 ноября 1993 г. на крохотном острове Ла-Пальма в архипелаге Канарских островов. Но не теплые атлантические пляжи приманили астрономов со всего света. Ибо для астрономов Канарские острова — центр европейской звездной науки. На острове Тэнериф — главном острове Канарского архипелага — находится испанский Институт астрофизики, а на острове-вулкане Ла-Пальма, напоминающем жюльверновский таинственный остров, расположена крупная международная обсерватория. На вершине вулканической кальдеры, на высоте 2400 м — обсерватория **Рока де Лос Мучачос**, оснащенная 4,5-метровым телескопом им. В. Гершеля, двумя 2,5-метровыми телескопами, большим вертикальным солнечным телескопом и другими мощными астрономическими приборами.

На конференцию «**Бурное звездообразование**», организованную Ин-

ститутом астрофизики на Канарах (Испания) и Королевской Гринвичской обсерваторией (Великобритания), собралось более ста участников. «Хозяином бала» был известный испанский астрофизик Гильермо Тенорио-Тагле, а помогли ему в организации научной программы Роберто Терлевич (Англия), Феликс Мирабель (Франция) и Брюс Эльмегрин (США). Все они — ведущие специалисты по проблемам звездообразования. Российские астрономы были представлены четырьмя москвичами (Ю. Н. Ефремов, В. Г. Сурдин, Т. Г. Ситник и А. Д. Чернин, ГАИШ). Первые двое получили финансовую поддержку от фонда Сороса, вторые — от оргкомитета конференции. Санкт-петербуржец В. Решетников приехал с помощью французских астрономов. Украинских ученых представлял С. А. Силич (Киев), получивший грант от фонда Сороса.

Само название конференции говорит, как сильно за последние годы изменился взгляд на процесс рождения звезд: если в недалеком прошлом звездообразование считалось «тихим» эпизодом эволюции галактик, протекающим в самых спокойных и холодных ее областях, то сейчас с интенсивным, взрывным (!) формированием массивных звезд связывают даже такие грандиозные явления, как активность квазаров. Впрочем, чтобы исследовать области бурного звездообразования, далеко ходить не надо: они есть не только в нашей галактике. Особенно крупная и удобная для изучения — эмиссионная туманность Тарантул (30 Doradus) в Большом Магеллановом Облаке. Если бы эту яркую туманность расположить на месте известной Туманности Ориона, которая в 100 раз ближе к нам, то даже в безлунные зимние ночи наши дороги были бы неплохо освещены. В туманности

Тарантул, в области диаметром около 100 пк, сосредоточены миллионы солнечных масс холодного газа, немногим меньше — ионизованного, и огромное количество горячих молодых звезд. Подобные и даже более крупные очаги звездообразования наблюдаются и в других галактиках, и обычно расположены либо в области галактического ядра, либо на концах спиральных ветвей. В последнем случае они частенько походят на отдельные небольшие галактики, состоящие только из молодых звезд и горячего газа. Поэтому за ними закрепилось название «гигантские межгалактические области HII» (здесь «HII» означает область ионизованного водорода).

Почему они привлекают внимание астрономов? Причин немало. Во-первых, перерабатывая невидимое ультрафиолетовое излучение горячих звезд в оптическое и инфракрасное излучение, эти туманности светятся значительно ярче, чем нагревающие их звезды. Гигантские HII-области видны в очень далеких галактиках: их спектры позволяют узнать химический состав этих галактик и подсчитать количество новорожденных массивных звезд. Во-вторых, само явление бурного звездообразования не получило пока надежного объяснения: понятно, что без положительной обратной связи в этом процессе не обойтись, но не совсем ясно, каким образом новорожденные звезды стимулируют рождение новых поколений. Еще одна причина интереса к гигантским HII-областям:

они отмечают места формирования очень крупных звездных агрегатов (возможно, молодых шаровых скоплений или даже карликовых галактик).

В поисках причины появления гигантских очагов звездообразования астрономы обратили внимание на тесное взаимодействие и прямые соударения галактик друг с другом. Взаимодействующие галактики известны давно, но только сейчас с помощью быстрых ЭВМ удалось детально промоделировать близкий пролет двух галактик с учетом их сложного состава и формы. Дело в том, что звезды и газ, составляющие галактику, взаимодействуют совсем по-разному: звезды практически не сталкиваются друг с другом и летят по баллистическим траекториям, а гигантские газовые облака непременно падают друг в друга, сталкиваются, слипаются, уплотняются и... превращаются в очаги звездообразования. Расчеты показали, а наблюдения подтвердили, что во взаимодействующих галактиках частота рождения звезд существенно выше, чем в изолированных. Если при столкновении одна галактика пронзила другую, то от места пролета расходит «волна звездообразования», словно круги по воде. Если же галактики не столкнулись, но пролетели близко друг к другу, то приливное взаимодействие искажает их форму, вытягивает из них «хвосты» и «мосты», под действием самогравитации делящиеся на ча-

сти и формирующие галактики-спутники.

Когда-то подобная гипотеза была предложена Джеймсом Джинсом для объяснения формирования нашей планетной системы: считалось, что пролетающая мимо Солнца звезда вытянула из него вещество будущих планет. Гипотеза не оправдалась, потому что горячая солнечная плазма не может сконденсироваться в планеты. Второе рождение старой идеи обещает быть более плодотворным — **холодный галактический газ** может конденсироваться в звездные агрегаты. Не исключено, что некоторые галактики-спутники, подобные Магеллановым Облакам и другим более мелким спутникам нашей Галактики, сформировались именно благодаря приливному взаимодействию двух крупных галактик.

Рождение новой галактики, даже не слишком большой, — яркое событие. Рождающаяся галактика видна с расстояния в миллиарды световых лет благодаря огромному количеству в ней ярких звезд и большой частоте вспышек сверхновых (несколько вспышек в год). В молодых галактиках еще очень много межзвездного вещества, включающего пыль, которая поглощает оптическое излучение звезд, но при этом нагревается и сама становится источником инфракрасного излучения. Сверхяркие в инфракрасном диапазоне галактики открыты с борта астрономического спутника ИРАС несколько лет назад. Их светимость в сотни раз превосходит светимость нашей Галактики, что указы-

вает на исключительно высокую частоту рождения в них звезд. Радионаблюдения этих галактик позволили обнаружить вещество, из которого звезды рождаются. Это холодный газ, состоящий преимущественно из молекул водорода. В некоторых далеких галактиках молекулярного газа оказалось в десятки и сотни раз больше, чем в нашей. Особенно много молекулярного газа и молодых звезд во взаимодействующих друг с другом галактиках. Причину этого астрофизики видят в росте газового давления в галактиках из-за их столкновения, что ускоряет превращение водорода из атомов в молекулы. К тому же при столкновении галактик молекулярные облака в них начинают двигаться более энергично, чаще слипаются друг с другом и образуют очень массивные конгломераты, рождающие крупные звездные скопления, подобные шаровым.

Такие новорожденные шаровые скопления обнаружены с помощью орбитального телескопа им. Хаббла уже в нескольких галактиках. Если раньше астрономы лишь строили догадки как формировались древние шаровые скопления, то теперь есть возможность наблюдать сам процесс: новые скопления практически не уступают по массе старым. Не исключено, что и в нашей Галактике одни шаровые скопления сформировались в доисторические времена, а другие возникли позднее при взаимодействии Галактики со своими соседями.

Насколько серьезно астрономы относятся сейчас к взаимодействию галактик свидетельствует то, что слипшиеся галактики, охваченные бурным звездообразованием, считают даже предками квазаров, чьи многие свойства — распределение в пространстве и во времени, оптические спектры и светимость, — можно объяснить в рамках идеи о бурном звездообразовании. Находятся энтузиасты, стремящиеся объяснить в рамках этой идеи все свойства квазаров, включая быструю переменность их рентгеновского излучения и радиовыбросы. Но это, вероятно, дань моде, которой не чужда и наука.

Большое впечатление на всех участников конференции произвели изображения областей звездообразования, полученные телескопом им. Хаббла. Если раньше они (особенно в далеких галактиках) казались однородными, то при угловом разрешении значительно лучше одной угловой секунды разделились на грозди ярких точек — формирующихся звездных скоплений. Не исключено, что большая часть звезд рождается именно в скоплениях, но затем довольно быстро покидает их. Кстати, московские астрономы давно уже обратили внимание на сложную, иерархическую организацию областей звездообразования в нашей и соседних галактиках. Теперь это подтверждается и на примере более далеких и более активных галактик.

Космический телескоп позволил также прояснить

проблему «сердца Тарантула» — загадочный яркий объект в центре туманности 30 Dor, получивший обозначение P136a. Некоторое время считали его сверхзвездой с массой 2000 солнечных. Затем наземные телескопы разрешили объект на 6 — 7 частей (звезд?), каждой из которых приписывалась масса 200 — 300 солнечных, что тоже превышало верхнюю теоретическую границу массы звезд. Теперь телескоп им. Хаббла разглядел в области (размером всего 3'!) 200 отдельных звезд... Масса самой крупной из них не превышает 120 солнечных, что уже согласуется с теорией. Астрофизики вздохнули спокойно...

Я не рассказал и десятой доли того нового и интересного, что было представлено на конференции. О многих из проблем нужно писать отдельно: о формировании двойных и кратных звезд, взаимодействии массивных звезд с окружающей межзвездной средой, о новой теории спиральных рукавов галактик, о новых взглядах на происхождение самих галактик... Хочется подчеркнуть общее впечатление от конференции: вопросы формирования звезд и звездных скоплений выходят сейчас на первый план, потеснив чрезмерное увлечение релятивистскими объектами. Любопытно, что обсуждая активность ядер галактик и квазаров участники конференции ни разу не произнесли слов «черная дыра»!



Конкурс юных астрономов и космонавтов

С 5 по 8 ноября 1992 г. в одном из подмосковных пансионатов проходил XXII Всероссийский конкурс «Космос», организованный Всероссийским молодежным аэрокосмическим обществом «Союз». В нем приняли участие около двухсот юных любителей астрономии и космонавтики из разных городов, республик и областей страны.

Участники конкурса работали в пяти секциях: проектирование космических аппаратов, энергетических систем и двигателей; разработка траекторий полета; модели и макеты фантастических космических и других аппаратов; общие вопросы астрономии и космонавтики, космическая биология и медицина. Все работы, проекты, модели оценивало компетентное жюри.

Членами жюри астрономической секции были космонавт А. Н. Березовой, радиофизик А. Г. Шлионский и автор этой

статьи. Участники конкурса этой секции представили 15 докладов. Оценки выставлялись по сложной системе баллов. Учитывалась оригинальность и научность идеи доклада или проекта, его оформление, умение докладчика выступать и защищать свой проект при его обсуждении и многое другое.

Первая премия по астрономической секции единодушно была присуждена **Евгению Кирееву** (Арзамас-16) за построенный им телескоп «Арктур» системы Максутова-Кассегрена с диаметром главного зеркала 160 мм. Евгений совместно с Артемом Мальцевым сделал расчет оптики телескопа на ЭВМ, разработал оригинальную конструкцию оправы зеркала (чтобы избежать различия температурных напряжений стеклянного зеркала и алюминиевой оправы тыльной поверхности, зеркалу была придана сферическая форма). Руководил работой В. А. Балакин.

Вторую премию за работу «Связь излучения в микроволновом и рентгеновском диапазонах при солнечных вспышках» получил **Анатолий Сорокин** (Нижний Новгород). Используя наблюдения сотрудников Научно-исследовательского института радиофизических исследований, архивы института и публикации на английском языке, Анатолий, под руководством доктора физико-математических наук В. Ф. Мельникова, провел статистический анализ явлений, вывел коэффициенты корреляции между ними, построил уравнение регрессии. Расчеты велись по специальной программе на языке Бейсик.

Интересный доклад на тему «Превращение обычной звезды в нейтронную» сделала **Эля Амронина** (Санкт-Петербург); прекрасно владеющая материалом и искусством докладчика. Именно она была ведущей в телевизионной пе-



Встреча с космическим экипажем. Слева направо: Ляхов В. А., Поляков В. В., Афанасьев В. М., Березовой А. Н., Есин В. М.

редаче о конкурсе, которая транслировалась по российскому каналу 11 ноября. Ей присуждена третья премия.

Поощрительных премий удостоены **Наталья Туркина** (Нижний Новгород) за доклад «Изучение свойств ионосферы», группа из Ульяновска (**М. Марченко, А. Семенов, К. Моисеев**) за работу «Исследование недельного цикла случайных характеристик ионосферы», **Михаил Пересыпкин** (Москва) за представление результатов наблюдений метеорного потока Персе-

ид в августе 1993 г. с компьютерной обработкой их результатов (в работе участвовали также **Дмитрий Тверьянович, Михаил Турновский и Дмитрий Щелкунов**) и **Алексей Жерноклетов** (Арзамас-16) за электронную игру «На орбите Сатурна». 7 ноября на небольшом полигоне состоялись запуски ракет. Построенные участниками конкурса ракеты взлетали, как настоящие, многие приземлялись на парашютах. Были показаны также луноходы и марсоходы, управляемые по радио.

Конкурсанты встречались с космонавтом **Владимиром Ляховым**, который был председателем общего жюри, с членами будущего экипажа орбитальной станции «Мир». 6 ноября они посетили Центр управления полетами и в течение часа могли общаться по телевизору с находящимися в орбитальной станции «Мир» космонавтами **Александром Серебровым** и **Василием Цеблиевым**. **А. А. Серебров** — председатель Всесоюзного молодежного аэрокосмического обще-



Награждение победителей XXII конкурса «Космос». Слева направо: исполнительный директор ВАКО «Союз» **Колмыков А. С.**, **Ляхов В. А.**, **Березовой А. Н.**

ства «Союз», в этом качестве он приветствовал участников конкурса 5 ноября по радио, а 6 ноября — с телеэкрана.

Экспонировалась большая выставка картин на космические темы, принадлежащих кисти юных любителей звездной науки. Многие из картин выполнены на вполне профессиональном уровне.

В. А. БРОНШТЭН,
кандидат физико-
математических наук



Информация

Все небо — в алмазах?

Проблема происхождения алмазов, по химическому составу не отличающихся от гораздо менее ценного графита (тот же углерод), продолжает оставаться спорной. Гипотеза образования алмазов в земной коре в результате взрывов в кимберлитовых трубках противоречива и неубедительна. Все чаще в поисках объяснения «загадки» алмазов геологи обращаются к звездным мирам. Давно занимающийся проблемой происхождения алмазов геохимик из Днепропетровска В. В. Соболев на основе научных фактов, полученных в последние годы исследований, предложил новую теорию появления на нашей планете алмазов, «родинкой» которых он считает межзвездную космическую среду.

Рентгеновские исследования показали, что при взрывной обработке графита образуются включения мельчайших алмазных зерен, создающих своего рода кристаллическую «затравку», генетический центр будущего алмаза.

Такие зародышевые центры существуют только у природных алмазов, находимых в кимберлитовых трубках, а у синтезированных, полученных в камерах высокого давления, они отсутствуют.

В алмазах природного происхождения (они брались для исследования из месторождений Южной Африки) соотношение изотопов гелия ($^3\text{He} / ^4\text{He}$) в два раза превышает среднюю для планеты величину. Такое соотношение называют «солнечным» — оно характерно для Солнца и, как предполагают, существовало и в протопланетном облаке, из которого сформировались все небесные тела Солнечной системы. Вполне реально появление зародышевых алмазных кристаллов в межзвездном газе — на этом предположении основана гипотеза образования природных алмазов в космическом пространстве.

Скопления межзвездного газа не могут быть идеально однородными: всегда есть сгущения и разрежения, и любое слабое уплотнение самопроизвольно разрастается. Наступает момент, когда свершается последний акт объединения, создающий устойчивый зародыш алмаза. По этой схеме требуется достаточно большое время от 10^{10} до 10^{17} с, т. е. более 300 млрд лет. Но процесс может фантастически ускориться прохождением ударной волны через

межзвездный газ, после чего резко повышается на кратчайшее время температура, а когда она возвращается к исходной, газ сжимается, уплотняясь в сотни раз. Ударная волна (очень сильная) возникает при космическом взрыве, например, при коллапсе звезды. В этом случае переход от сверхплотного состояния при температуре горячей плазмы к разреженной происходит за триллионные доли секунды. При этом как раз и «вспыхивают» зародыши алмазных кристаллов размером от 20 до 150 ангстрем.

Подобные алмазные микропылинки, очевидно, присутствовали в протопланетном облаке, породившем Землю.

Рассеявшись на Земле, частицы алмаза прошли в верхних слоях ее коры этапы адаптации и консервации. Многие из них так и остались на уровне микроатомов. Однако немалая часть «алмазного сырья», оказавшись в благоприятных тектонических и химических условиях, дала начало крупнейшим земным месторождениям.

Обнаружение алмазных частиц в упавших на поверхность Земли метеоритах как будто бы подтверждает гипотезу о межзвездном происхождении алмазов. Во всяком случае, несомненно, что алмазы полигенетичны.

Простая гамма планет

А. Э. ФИЛИППОВ,
доктор физико-математических наук
Донецкий физико-технический
институт АН Украины

Если протопланетный «блин» возникает как «катастрофа складки» в пылевидной среде, то неизбежно появление уже на раннем этапе главной планеты (Юпитера), в которой сосредоточена основная масса всей системы. Эта планета формирует распределение масс в «блине», определяет периоды обращения остальных планет и задает естественный масштаб расстояний.

НАИВНЫЙ
ДЕТСКИЙ
ВОПРОС:
«ПОЧЕМУ?»

В хорошо изученной Солнечной системе все еще остаются интригующие вопросы. Мы знаем, как должны двигаться планеты по тем орбитам, на которых они находятся, и при тех массах, кото-

рыми они обладают. Но почему они находятся на таких орбитах? Почему эти массы именно такие? Как вообще могло получиться, что в одной из планет — Юпитере — сосредоточилось больше $2/3$ всей массы планет, а более близкие к Солнцу (по отношению к Юпитеру) планеты в сотни раз легче этого гиганта? К этому списку вопросов тесно примыкает и загадочное правило Тициуса—Бодде, согласно которому расстояния r_k от планет до Солнца лежат вблизи кривой, задаваемой соотношением

$$r_k = 0,1 \cdot (3 \cdot 2^k + 4),$$

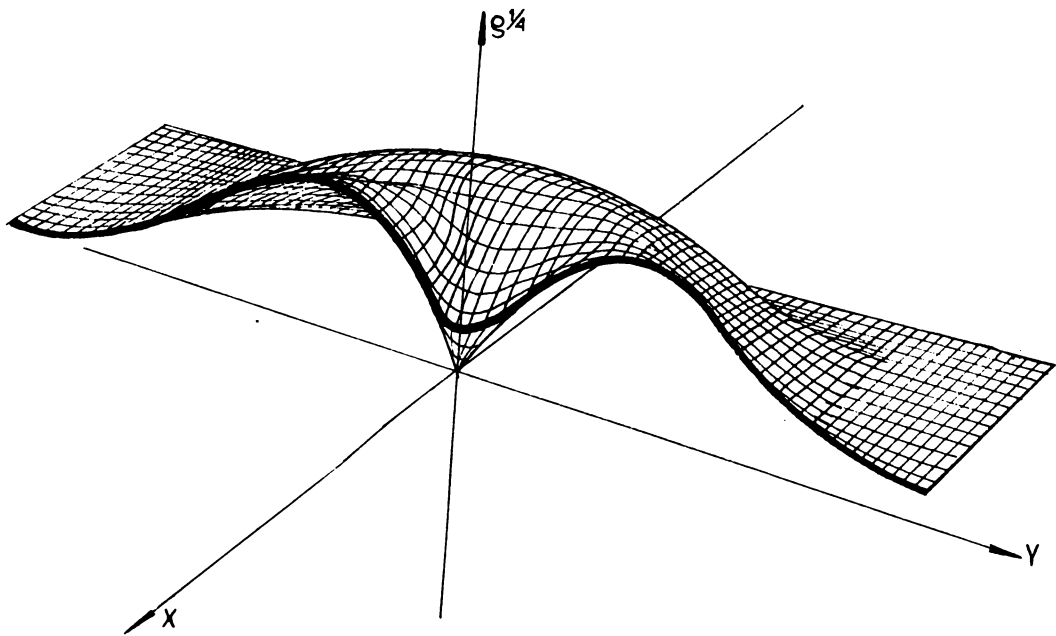
где для Меркурия надо взять $k \rightarrow -\infty$, для Венеры $k = 0$, для Земли $k = 1$ и т. д.

На эти вопросы существуют сложные, порой противоречивые ответы. Дескать, надо моделиро-

вать на компьютере вращение протопланетного облака в духе гипотезы Канта — Лапласа, учесть слипание и разогрев частичек пыли, а также их гравитационное сжатие и т. п. и прийти в результате к чему-то похожему на реальную Солнечную систему. Однако прямое численное моделирование далеко не всегда продвигает нас к ясному пониманию сути дела. Оно лишь повторяет реальную картину, не позволяя прочувствовать, что в ней главное, а что второстепенно. И здесь нам могут помочь простые идеализированные теоретические модели.

«ТЕОРЕМА
ТРАМБАЕВ»

Кто не знает, что трамваи на маршруте норвят собраться? Кто из нас не



обвинял в этом водителей, подозревая их в том, что они умышленно сбиваются вместе, то ли для того, чтобы побольше досадить нам — пассажирам, то ли так просто от скуки, чтобы побыть друг с другом? Но не слишком ли часто происходит такое, не слишком ли много злого умысла? И, наоборот, может быть вообще такое происходит без участия чьей-либо воли? Рассмотрим последнюю возможность.

Если водители просто не следят за расписанием, то ведомые ими вагоны движутся, вообще говоря, с различными скоростями. При этом, естественно, всегда найдется такая пара из них, в которой задний трамвай едет быстрее впереди идущего. Он будет догонять передний, соблюдая предельно допустимый технический

интервал. Дальше они будут двигаться фактически вместе, а эту пару можно рассматривать как один «эффективный» трамвай. Впрочем, «слипание» может и продолжаться. Печально, если в конце концов все трамваи «слипнутся» в единое целое...

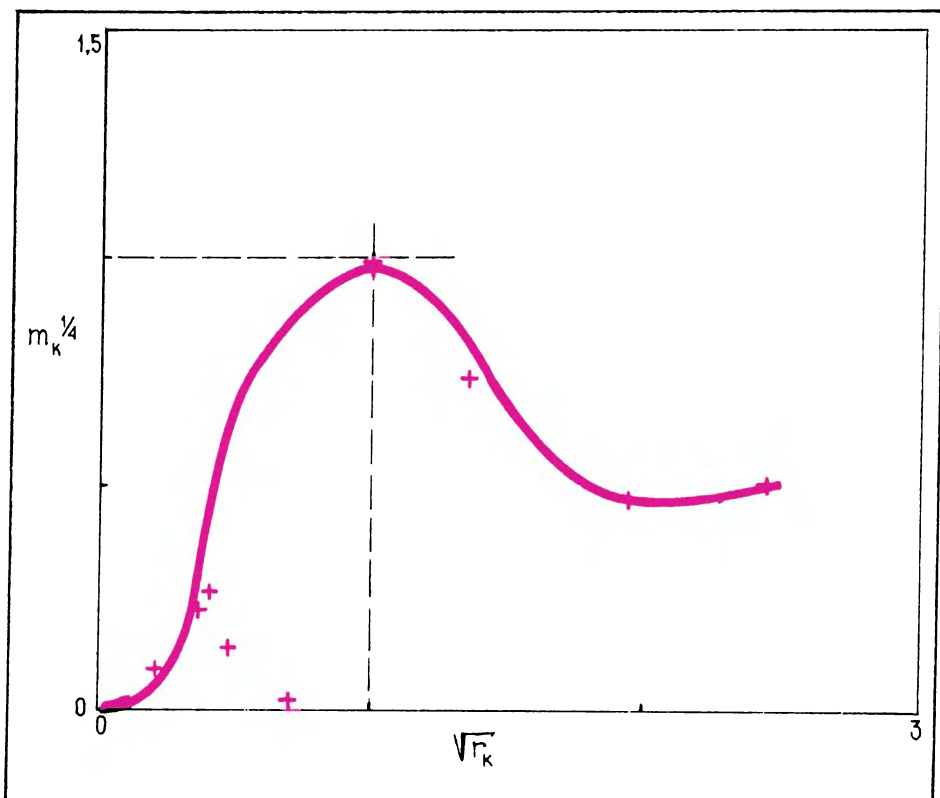
Заметим, что этот процесс типичен, как говорят математики: «трансверсален». Для него не надо никакого умысла, а достаточно лишь не следить за расписанием. Случайное же распределение скоростей сделает свое дело (в том наглядно убеждает повседневный опыт).

Вернемся, однако, к космической пыли. Потоки ее в пространстве также случайны. И в его просторах всегда найдутся такие области, в которых «задние догоняют передних». В какой-то момент

Распределение $m(r)$ при наличии характерной скорости вращения «блина». Центробежная сила разгоняет частицы пыли возле Солнца, образуя своеобразную воронку почти вплоть до самой орбиты крупнейшей планеты системы с радиусом r^ (Юпитер). В результате все остальные планеты-гиганты формируются дальше Юпитера*

фронт этой погони опрокидывается. Задние и передние сбиваются вместе (возникает катастрофа складки). Плотность пыли в области катастрофы резко нарастает, она разогревается. Перпендикулярная к плоскости складки составляющая ее скорости падает, и возникает эллипсоидальное плотное облако, своеобразный «блин» — зародыш будущей планетной системы.

В системе отсчета, связанной с «блином», процесс выглядит как на-



тание на «блин» двух потоков пыли, сбивающихся на его поверхности. Но скорости этих потоков, вообще говоря, не строго параллельны. Нормальная их составляющая гаснет, но не гаснет составляющая тангенциальная (обозначим ее v^*) параллельная плоскости «блина». В результате он обязательно закручивается с соответствующей величине v^* угловой скоростью ω^* .

Но вращаться (на круговой орбите) в поле тяжести с данной скоростью можно лишь на фиксированном (единственном!) радиусе r^* , пропорциональном $1/(v^*)^2$. Иначе говоря, если бы потоки пыли имели строго заданные скорости и, следовательно

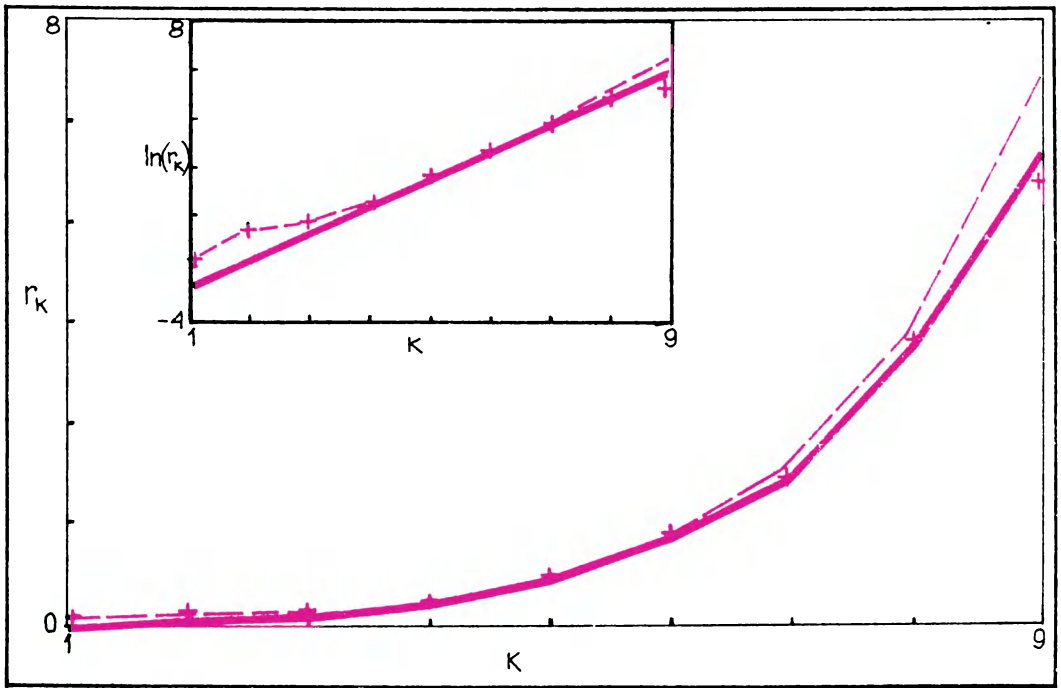
но, величина v^* была бы **единственной**, то все частицы собрались бы на **единственной** же разрешенной орбите радиуса r^* . А значит, сформировали бы, опять-таки, **единственную** планету. Однако это не так...

И СНОВА СЛУЧАЙНОСТИ

Скорости отдельных частиц в потоках в свою очередь различны и отличаются от v^* . В простейшем приближении распределение частиц по скоростям можно считать нормальным. Наличие некоторой дисперсии скоростей (σ) свидетельствует о возможности движения частичек на орбитах различных радиусов $r \neq r^*$.

Структура $m(r)$, обусловленная существованием выделенного масштаба r^ . Крестиками показаны массы планет в массах Юпитера. Предположение о выделенном масштабе v^* в планетной системе позволяет получить неплохое качественное распределение масс*

Функция $f(v)$ симметрична по обе стороны от $v = v^*$. Почему же так неравномерно распределены массы планет по обе стороны от крупнейшей из них — Юпитера? Действительно, за Юпитером идут другие большие планеты-гиганты, а вот ближе к Солнцу есть лишь планеты земной группы. Причина этого проста. Каждой скорости



v соответствует радиусу вращения $r \propto v^{-2}$ (и наоборот: $v(r) \propto 1/\sqrt{r}$). В результате, функция $f(v(r))$ оказывается очень несимметричной при $r > r^*$ и $r < r^*$. Причем, при $r > r_0$ она несравненно меньше спадает по отношению к $f(v^*(r^*))$, чем при $r < r^*$.

Получается, что центробежная сила разгоняет частицы пыли возле Солнца, образуя своеобразную воронку почти вплоть до самого r^* . Более точная оценка структуры $m(r)$, чем анализ лишь $f(v(r))$, требует учета еще ряда факторов, но их роль в формировании реальной $m(r)$ все же не столь существенна. В наибольшей степени реальный спектр масс отличается от $m(r)$ в окрестностях Юпитера, отбирающего

части массы у формирующихся соседей.

ПРАВИЛО ТИЦИУСА — БОДЕ В ЕСТЕСТВЕННЫХ ЕДИНИЦАХ

Как бы там ни было, а вблизи $r = r^*$ формируется самая массивная планета. Максимум плотности возникает здесь задолго до образования подлинной планеты, на ранних этапах эволюции протопланетного облака. Частички, движущиеся в области $r < r^*$, обгоняют не частички, что движутся при $r \approx r^*$, а другие с $r > r^*$, наоборот, отстают. Взаимодействие их с главным всплеском плотности стремится затормозить одни и ускорить другие. Но ведь нельзя же двигаться с одинаковой уг-

Аппроксимация последовательности r_k (квадратики) функцией $r = (2,5)^{2/3(k-6)}$ (сплошная линия). Функция Тициуса — Боде показана штриховой линией. На врезке эти же величины даны в логарифмическом масштабе. Видно, что сильнее всего от идеального закона отклоняется Земля. Поэтому выбор астрономических единиц для правила Тициуса — Боде был наименее удачным из всех возможных и потребовал большого числа подгоночных параметров для столь гладкой кривой r_k . В общем виде $r_k = \alpha\beta^k + \gamma$, где α, β и γ (да еще искусственный предел $k \rightarrow -\infty$ для Меркурия) приходилось использовать для подгонки

ловой скоростью на различных радиусах! В результате близкие к области $r \approx r^*$ частички «падают» на то, что ввос-

ледствии станет Юпитером.

Скорости других, более отдаленных частей «блина», слишком сильно отличаются от v^* , и «упасть» на Юпитер они не могут. И тогда они выбирают компромисс. Они собираются на орбитах, период вращения на которых образует резонанс с периодом Юпитера. Так, чтобы хоть раз за сколько-то оборотов оказываться в одинаковой конфигурации с ним и Солнцем. А еще более отдаленные от Юпитера области образуют кольца (и затем планеты) на орбитах резонансных с предыдущими и т. д. Мы видим, что по обе стороны от Юпитера разворачивается грандиозная цепь резонансов, главную «моду» которой задает он сам.

Известно, что по закону Кеплера квадраты звездных периодов пропорциональны кубам больших полуосей орбит планет! Пренебрегая малыми эксцентриситетами орбит, заключаем, что если периоды T_k взаимосвязаны, то должны стать закономерными и радиусы орбит r_k (для эллиптических орбит все это, в принципе, верно, но чуточку сложнее формально). Правило Тициуса—Боде, о котором упоминалось в начале статьи, выглядит каким-то намеком на это. Но написанное в своей традиционной форме оно не позволяет усмотреть связи между T_k и r_k . Дело в том, что исторически оно получено в астрономических единицах. Но главный-то здесь Юпитер! Значит надо переписать

все в естественных («юпитерианских астрономических») единицах...

На последнем рисунке к статье наглядно представлен результат получения «закона планетных расстояний» в таких единицах, что радиус обращения шестой планеты (с учетом пояса астероидов) равен единице $r^* = r_6 = 1$ и период обращения, соответственно тоже: $T_6 = 1$. С хорошей точностью расстояния r_k до реальных планет близки к кривой $r_k = (2,5)^{23(k-6)}$, а для их периодов обращения

получается удивительно простая формула

$T_k = (2,5)^{(k-6)}$. Конечно, последовательность T_k сильно идеализирована, потому что периоды реальных планет несколько отличаются от столь простого закона резонансов. Но похоже, что она отражает нечто главное, т. е. периоды (идеальной) планетной системы образуют цепь простых резонансов типа $T_{k+1}/T_k = a$.

Величина отношения $T_{k+1}/T_k = a$, т. е. $a = 21/2$ для Солнечной системы определяется в основном дисперсией σ . По-ви-



димому, в других планетных системах возможно $a = 2; 3; 3^{1/2}$ или что-то подобное, чтобы за небольшое число оборотов ближайшие друг к другу планеты приходили в одинаковые конфигурации.

Однако планеты «знают» не только о ближайших соседях. Есть еще Юпитер и находящиеся за ним планеты. А ведь $(2,5)^2 = 6,25$; $(2,5)^3 = 15,625$ и т. д., но очень трудно удовлетворить таким резонансам. В результате закон $T_k = (2,5)^{k-6}$ лучше всего выполняется лишь для соседей Юпитера. А дальше вступает в дело своего рода «температура», когда планеты выбирают какие-то компримиссные периоды, близкие к чистому закону $T_k = (2,5)^{k-6}$. Слово «температура» употреблено на-

ми не случайно. Мы помним, что именно так поступают настройщики музыкальных инструментов, решая ту же, в сущности, проблему: добиться хороших резонансов и между ближними нотами музыкального ряда, и между октавами. Вот уж действительно приходится задуматься о гамме планет! Срабатывает еще и то, что массы соседей Юпитера наиболее подсажены за счет перекачки вещества к этому гиганту, поэтому идущие за ними планеты (Земля с одной стороны, а Уран — с другой) весьма логично отклоняются от резонансов с ними... Наконец, возвращаясь к вопросу о соотношении периодов планет, отметим очень любопытную особенность. Для Венеры и Меркурия

соотношение T_2/T_1 близко к $2^{1/2}$, а для Венеры и Марса соответственно $T_4/T_2 = 3$. И лишь Земля выглядит «чужой на этом празднике жизни». Она как бы раздвигает Венеру с Марсом, нарушая строгую цепь резонансов, которая снова восстанавливается к Меркурию. А может не «чужой» или «лишней», а, наоборот, той единственной самой нужной «для праздника жизни». Кто знает?

В заключение хотелось бы отметить, что более строгое изложение данной работы интересующиеся могут найти, например, в статье автора, опубликованной в 1991 г. в «Письмах в Журнал экспериментальной и теоретической физики» («Письма в ЖЭТФ», т. 54, вып. 7, с. 357—360).

Информация

Гипотеза остроумная, но...

В девятом номере журнала «Геохимия» за 1993 г. опубликована статья «О кристаллизации алмазных частиц в межзвездной среде». Автор В. В. Соболев, не сумевший, по-видимому, найти удовлетворительного объяснения земного происхождения алмазов, решил обратиться за помощью к Космосу. Основываясь на результатах своих экспериментальных работ по кристаллизации ультрамикроскопических зерен алмаза в чугуне под воздействием динамических нагрузок, он предположил, что подобный же механизм образования протокристалликов алмаза может быть реализован в межзвездном пространстве.

Несомненно, гипотеза В. В. Соболева, как и всякая другая, имеет право на существование. Однако следует сразу заметить, что сила представленных автором аргументов в пользу выдвинутого механиз-

ма кристаллизации весьма невелика.

Во-первых, в самых разных минералах чисто земного происхождения известно существование центральных зародышевых зон с резко дефектной структурой (циркон, оливин, пироксены, кварц). Их образование связано с высокими скоростями роста на начальных стадиях кристаллизации при высоких пересыщениях материнских сред. Привлекать космические силы для объяснения генезиса этих земных минералов совсем не обязательно.

Не кажется нам странным и обогащение алмазов легким наземным изотопом ^3He . Ведь главным источником гелия в земной коре является радиоактивный распад урана и тория, сосредоточенных в литосфере и генерирующих тяжелый изотоп ^4He . А если учесть, что основная масса этих элементов сконцентрирована в литосфере, а алмазоносные кимберлитовые магмы имеют мантийное происхождение, то такое соотношение изотопов гелия в алмазе представляется абсолютно естественным.

Недостаток надежных аргументов не является, однако, основанием

для неприятия гипотезы. Получение более надежных доказательств связано с огромными трудностями чисто технического порядка. Очевидно, что прежде всего желательнее проверить утверждение о якобы более или менее равномерном распределении алмазных микрокристаллов в породах литосферы и не только в них, но и в более глубоких метаморфических породах. Вряд ли можно надеяться, что гипотеза В. В. Соболева будет подтверждена или опровергнута в обозримом будущем. Вероятнее всего, автору и его сторонникам, равно как и их оппонентам, придется искать новые более убедительные факты «за» или «против». А пока можно согласиться с тем, что мы получили очень оригинальное и достаточно остроумное решение одной из сложнейших проблем генезиса удивительного минерала.

*А. В. ГРОМОВ,
доктор геолого-минералогических наук
Московская государственная горная академия*

Июль — август 1994 г.

ЯВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ
СОЛНЦЕ — ЗЕМЛЯ — ЛУНА

Солнца в этот день наименьший и
равен 31'31''.

Земля

5 июля, 19^h 18^m, Земля в афелии
на наибольшем расстоянии от Солнца
(152,1 млн км). Видимый диаметр 14

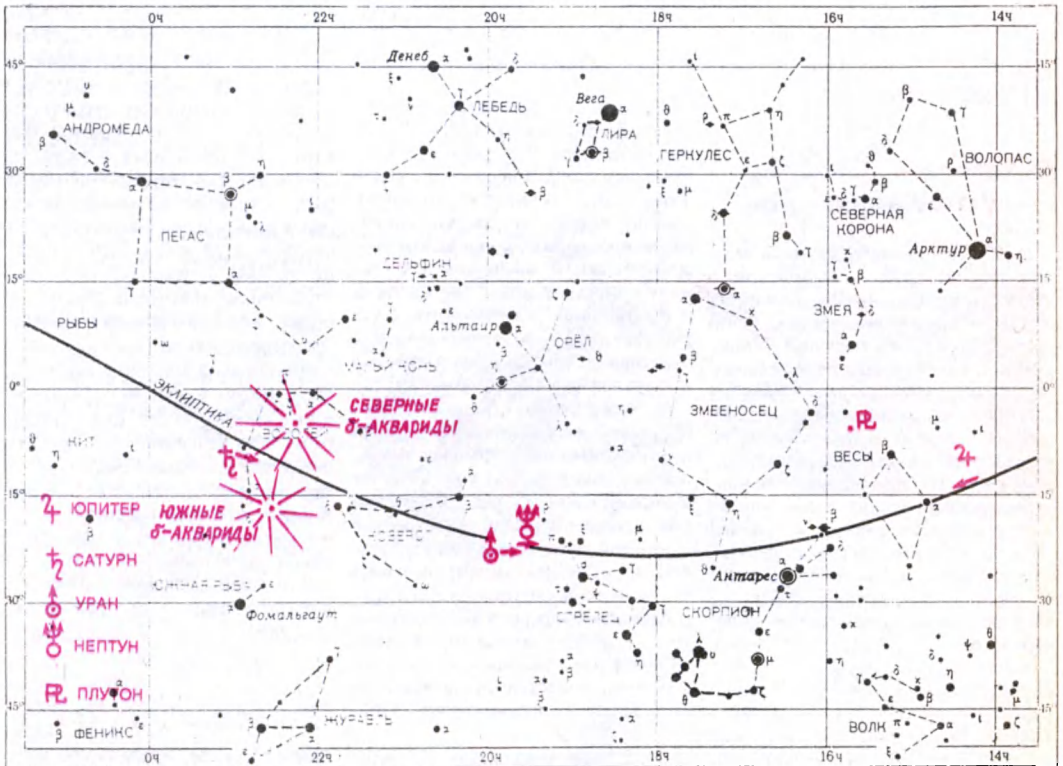
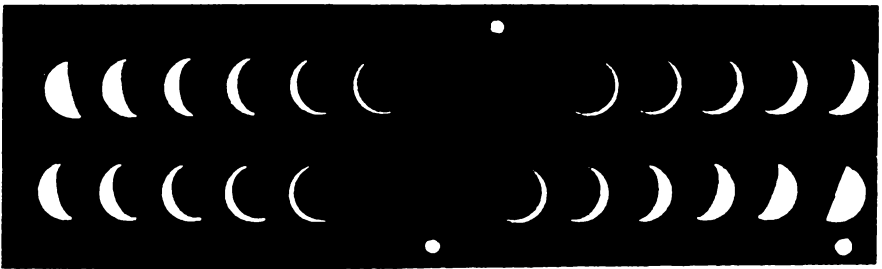
Луна

Новолуние: 8 июля, 21^h 38^m,
7 августа, 8^h 46^m.
Первая четверть: 16 июля, 1^h 13^m,
14 августа, 5^h 58^m.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Июль

Август



Полнолуние: 22 июля, 20^h 17^m; 23^h; видимый диаметр диска 32'21";
21 августа, 6^h 48^m. удаление 369464 км.

Последняя четверть: 30 июля, 12^h 41^m; 29 августа, 6^h 42^m.

Луна в апогее:

3 июля, 5^h; видимый диаметр диска Луны 29'32"; удаление 404677 км.
30 июля, 23^h; видимый диаметр диска 29'34"; удаление 404086 км. 27 августа, 18^h; видимый диаметр диска 29'33"; удаление 404343 км.

Луна в перигее:

18 июля, 18^h; видимый диаметр диска 32'29"; удаление 367865 км. 12 августа,

Максимальная либрация Луны по долготе:

10 июля, -5,14°; 25 июля, +5,56°;
6 августа, -5,16°; 21 августа, +5,13°.

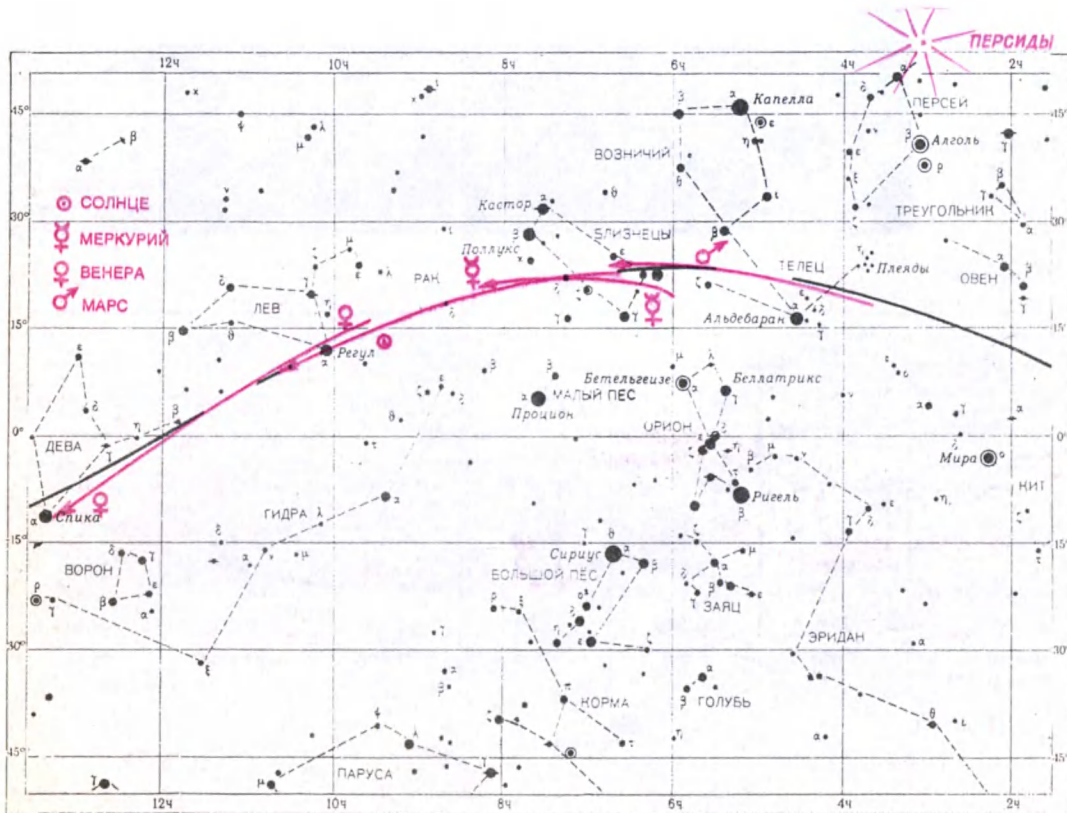
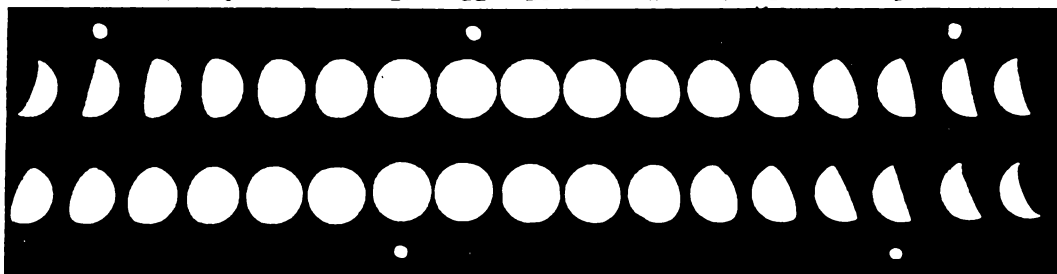
Максимальная либрация Луны по широте:

12 июля, +6,62°; 24 июля, -6,54°;
8 августа, +6,56°; 21 августа, -6,51°.

ЯВЛЕНИЯ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

На карте показана экваториальная область неба с нанесенными видимыми

15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31



движениями Солнца и планет в июле-августе, а также указаны радианты метеорных потоков Персеиды, Северные и Южные δ -Аквариды.

Планеты

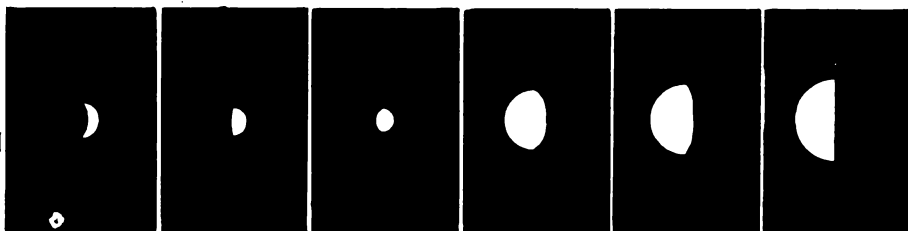
Примерно с 12 июля начинается период утренней видимости Меркурия, который продлится до 5 августа. Максимальная продолжительность видимости планеты приходится на двадцатые числа июля и в эти дни ее блеск составит $-0,5^m$.

Венеру можно по-прежнему наблюдать вечером, хотя продолжительность видимости планеты уже значи-

тельно короче чем прежде. В июле она видна около часа, а в августе около 30 мин. Блеск планеты -4 , и ее нельзя не заметить в лучах вечерней зари.

В летние месяцы **Марс** будет виден во второй половине ночи. Сначала он перемещается по созвездию Тельца, а затем перейдет в созвездие Близнецов. Планета очень далека от Земли (около 2 а. е.), диаметр диска равен $5''$ и при таких условиях детали ее поверхности доступны лишь для крупных телескопов.

**ВИД
ПЛАНЕТЫ
В
ТЕЛЕСКОП
10''**



	Меркурий 17 июля	Меркурий 24 июля	Меркурий 31 июля	Венера 11 июля	Венера 1 августа	Венера 21 августа
Прямое восхождение, α	$6^h 16^m 32^s$	$6^h 51^m 45^s$	$7^h 42^m 31^s$	$10^h 9^m 19^s$	$11^h 34^m 33^s$	$12^h 48^m 01^s$
Склонение, δ	$+ 20^\circ 40' 25''$	$+ 21^\circ 49' 50''$	$+ 21^\circ 47' 8''$	$+ 12^\circ 58' 32''$	$+ 3^\circ 2' 37''$	$-6^\circ 48' 44''$
Блеск, m	0,6	-0,4	-1,1	-4,0	-4,2	-4,3
Видимый диаметр, d	$8,2''$	$6,8''$	$5,9''$	$16,1''$	$19,1''$	$23,4''$
Фаза	0,36	0,58	0,80	0,69	0,60	0,51
Время видимости	Утро	Утро	Утро	Вечер	Вечер	Вечер

Юпитер перемещается на границе созвездий Весов и Девы. В эти месяцы он виден вечером, не высоко над горизонтом. А 17—26 июля произойдет уникальное событие: с Юпитером столкнется комета Шумейкеров-Леви 9 (Земля и Вселенная, 1993, № 6, с. 93; 1994, № 1, с. 83).

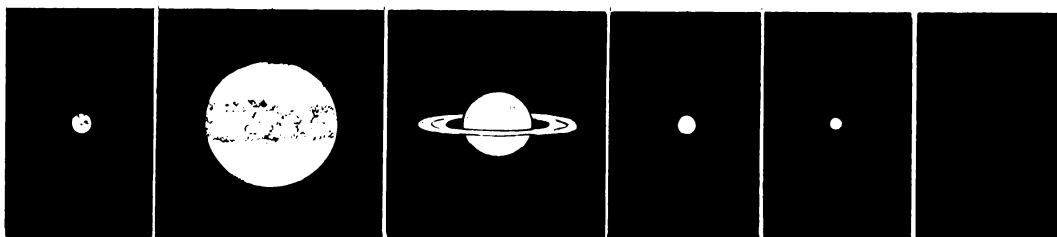
Уран в июле — августе можно будет найти в созвездии Стрельца, он виден на протяжении всей ночи. 17 июля наступит его противостояние и блеск Урана составит $+5,7^m$. В южных районах, где Стрелец поднимается на достаточную высоту над горизонтом,

его можно будет увидеть невооруженным глазом.

Нептун вступает в противостояние на три дня раньше Урана (14 июля). Он, как и Уран, виден на протяжении всей ночи в созвездии Стрельца. Блеск планеты в эти дни составит $+7,9^m$ и он будет доступен даже небольшим биноклям.

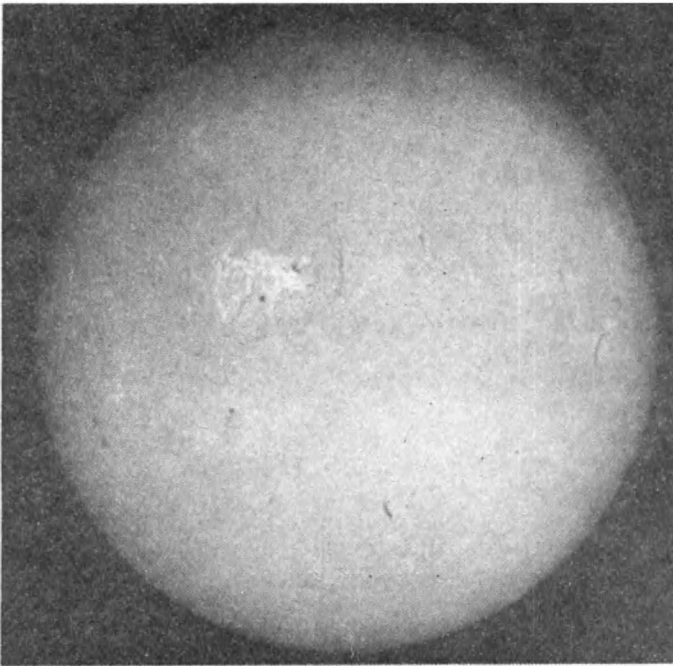
В созвездии Весов можно попытаться найти или сфотографировать Плутон (при наличии достаточно мощных инструментов). Его блеск равен $13,7^m$.

А. Д. СЕЛьяНОВ

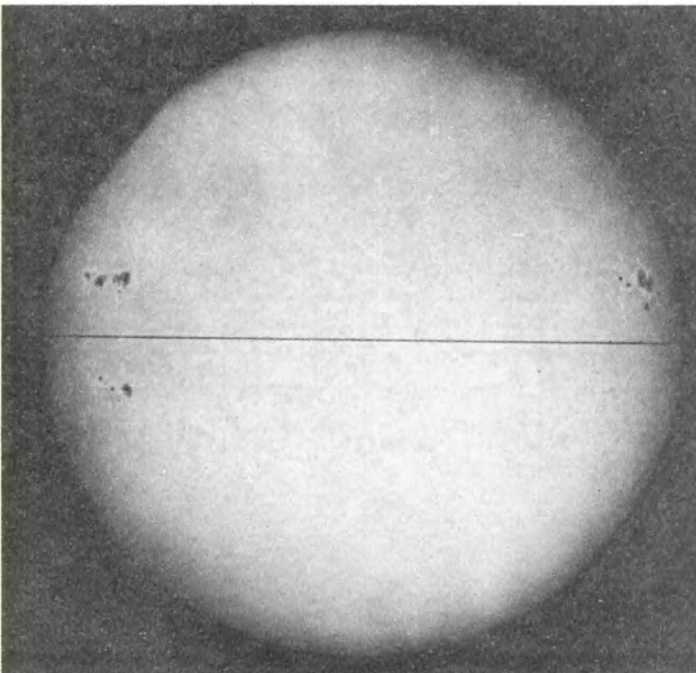


Марс 1 августа	Юпитер 1 августа	Сатурн 1 августа	Уран 17 июля	Нептун 14 июля	Плутон 1 августа
$5^h 14^m 14^s$	$14^h 16^m 27^s$	$22^h 53^m 39^s$	$19^h 45^m 30^s$	$19^h 34^m 35^s$	$15^h 45^m 07^s$
$+ 22^\circ 59' 0''$	$- 12^\circ 32' 33''$	$- 9^\circ 7' 22''$	$- 21^\circ 45' 43''$	$- 21^\circ 01' 57''$	$- 5^\circ 28' 56''$
+ 1,2	- 2,1	+ 0,7	+ 5,6	+ 7,9	13,7
4,9''	36,8''	18,7''	3,8''	2,3''	0,14''
0,93	—	—	—	—	—
Ночь	Вечер	Ночь	Ночь	Ночь	Вечер

**Солнце в декабре
1993 г.—
январе 1994 г.**



Вид Солнца в последний день 1993 г. Довольно крупные пятна располагались почти на диаметрально противоположных участках; остальная часть диска — спокойная. Снимок получен Т. В. Говориной 31.12.93 г. в ВАО ИСЗФ



В конце прошлого года в хромосфере почти не было активных образований: «режим спокойного Солнца» стал доминирующим на больших участках поверхности. Снимок получен С. А. Язевым 25.12.93 г.

В первой декаде декабря ежедневно на солнечном диске находилось 3-5 групп пятен небольших и умеренных размеров. Они формировали два активных очага, разделенных по долготе примерно четвертью круга. Число Вольфа составляло в среднем 60 (в отдельные дни до 80). После захода очагов за край, диск в течение 1-2 суток оставался спокойным. Затем появились две небольшие вяло развивающиеся группы пятен. В результате большую часть второй декады активность была низкой ($W \approx 20$). В начале третьей декады появилась еще одна группа пятен, состоявшая из нескольких десятков и фактически определившая активность в оставшиеся дни месяца ($W \approx 40$).

В конце декабря сложилась весьма любопытная ситуация. Вблизи западного края диска продолжала развиваться отмеченная выше группа пятен, а из-за восточного лимба начал выходить один из очагов, зародившийся в начале месяца. Сформировалась как бы пара центров активной пятенной деятельности на концах одного из диаметров Солнца. «Восточный» центр сохранялся вплоть до захода за западный край диска в конце первой декады. В первые дни января он был единственным на диске. Затем восточнее, примерно на 70° , появился другой активный очаг в виде двух тесных групп пятен, и к началу его захода за западный край из-за восточного лимба начали выходить новые пятна. Таким образом, большую часть января активность удерживалась примерно на одном уровне ($W \approx 50-40$).

В течение 1993 г. общая активность Солнца заметно понижалась от среднего уровня до $W \approx 35$ — более чем в 2 раза. Наименьшая пришлась на сентябрь, в последующие месяцы индекс W несколько возрос и стабилизировался на уровне $W \approx 30-40$. Развитие активности в конце прошлого и в начале нынешнего года дает основание предполагать, что подобный уровень сохранится еще некоторое время.

В. Г. БАНИН,
доктор физико-математических наук
С. А. ЯЗЕВ

Звездный ларец: июнь — июль

Короткие летние ночи средней полосы России в пору летнего солнцестояния — малоподходящее время для астрономических наблюдений. Хорошо, если небо вообще темнеет, но все же часто оно оказывается слишком светлым для удачных наблюдений слабых протяженных объектов — крупных диффузных туманностей и галактик. Поэтому, чтобы использовать драгоценные полчаса как можно результативнее, вероятно, стоит обратить внимание на компактные объекты с высокой поверхностной яркостью, на видимость которых не очень влияет светлый фон неба. Более всех подходят под эту категорию **планетарные туманности**, основная часть которых (из 1600, обнаруженных в нашей Галактике), выглядит как крошечные, едва больше 1'' — 2'' размером, светящиеся диски различной формы. К счастью, среди этого сонма туманных пятнышек, практически неотделимых от звезд в любительский телескоп, есть сотня-другая доступ-

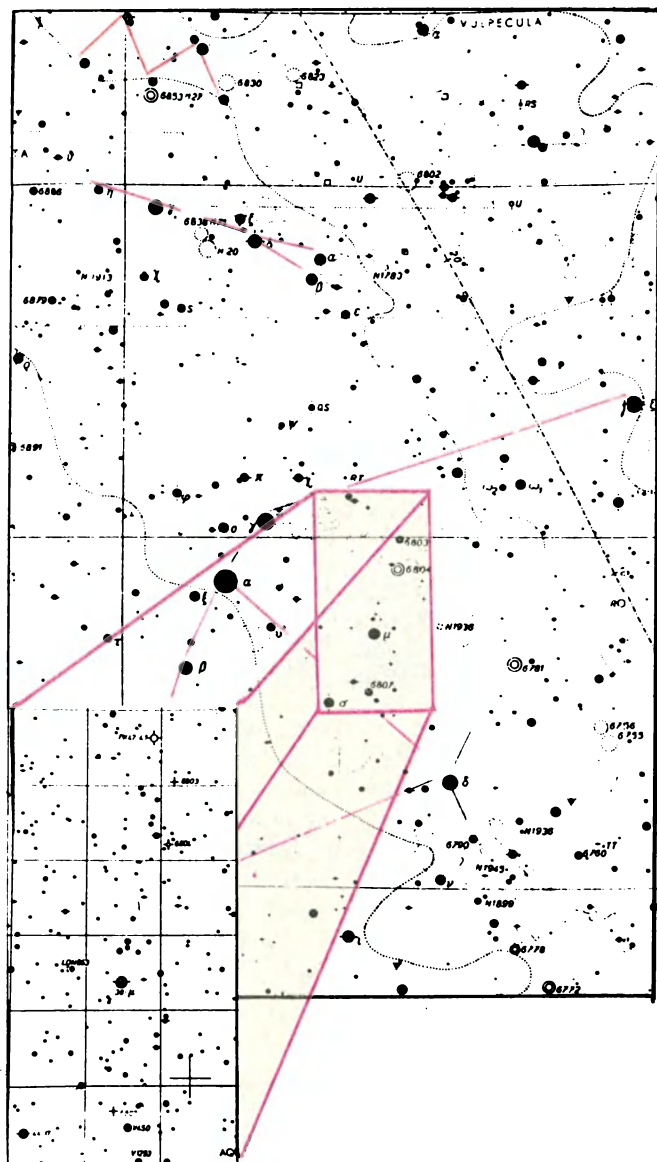
ных наблюдателям, при-меняющим большие увеличения или пользующимся некоторыми хитроумными приемами. Поэтому не стоит пренебрегать возможностью лишний раз полюбоваться этими замечательно красивыми и любопытными по своей природе объектами.

Планетарные туманности — самые молодые образования, которые мы можем увидеть на небе. Если возраст галактик исчисляется многими миллиардами лет, шаровых скоплений — несколькими миллиардами, а большинство рассеянных скоплений и диффузных газовых облаков существует в более или менее неизменном виде не одну сотню миллионов лет, то рождение и исчезновение планетарной туманности — на что уходит один-два десятка тысяч лет — не более чем мгновенное, в масштабах жизни Вселенной, событие. Такими мы их и знаем — лишь короткими последними вздохами умирающих звезд.

Десятки этих крохотных

(хотя на самом деле их поперечники часто достигают целых световых лет), почти не ощутимых газовых сфер усеивают Млечный Путь, перекинувшийся сейчас через весь небосвод. Мы начнем, пожалуй, с самой эффектной из тех, что доступны северному наблюдателю — с туманности **M 27 («Гантели»)** в созвездии **Лисички**. Она пользуется всеобщей любовью астрономов-любителей за то, что даже начинающий с самым скромным телескопом может увидеть здесь нечто более, чем скучное серое туманное пятно.

Действительно, туманность очень яркая — ее фотографический (т. е. в голубых лучах) блеск достигает $7,6^m$. Однако из-за того, что основная часть излучения большинства планетарных туманностей лежит в зеленой области спектра и сосредоточена в узких линиях излучения дважды ионизованного кислорода (на длинах волн 4959 и 5007 Å, т. е. именно там, где сетчатка глаза максимально

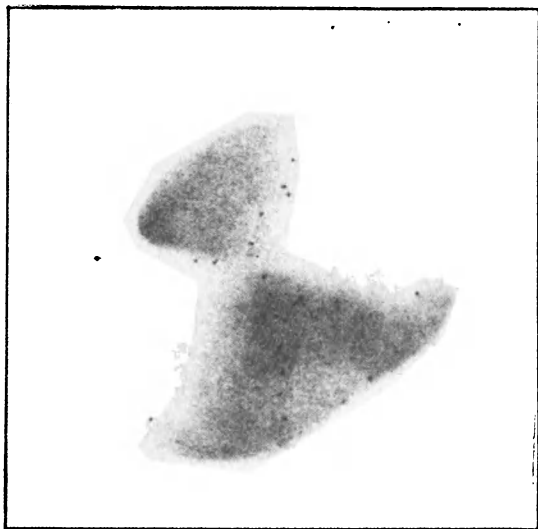


Планетарные туманности, которыми так богато созвездие Орла, отмечены на этом фрагменте карты из «Atlas Coeli» А. Бечваржа двойными кружками разного диаметра. Наименьший из них соответствует диаметру туманности от 1 до 10", следующий — от 11 до 30", затем следуют обозначения объектов размером от 30 до 100" и, наконец, самыми большими кружками обозначены туманности диаметром больше 100". На карте отмечены звезды до 7,75^m. На врезке: область, взятая в рамку на большой карте, более подробно показана на фрагменте из атласа «Uranometria 2000.0»

Но настоящее удовольствие доставят наблюдения М 27, если диаметр телескопа будет не меньше 100 мм. Уже «Мицар» в первый момент позволяет различить овальную, жемчужного цвета светящуюся область размером 5' × 7,5', а по мере вглядывания (лучше применять увеличения более 50^x) становится заметно, что овал светится неравномерно: на его фоне видны две яркие и две слабые области, расположенные попарно диаметрально по отношению друг к другу. Получившаяся в итоге фигура напоминает скорее песочные часы, чем гантель (тот гимнастический снаряд XIX столетия, которому туманность обязана названием, был совсем не похож на нынешний). 150-миллиметровый телескоп позволяет увидеть подробности в «часах», а при увеличении 150—200^x можно найти центральную звезду, породившую когда-то туманность и вызывающую теперь ее свечение. Ее блеск 13,9^m.

чувствительна), визуальное восприятие планетарных туманностей заметно отличается от фотографического. Поэтому «на глаз» блеск туманности кажется гораздо ближе к 7^m. И действительно, в зарубежной литературе мне не раз встретились сообщения о наблюдении М 27 невооруженным глазом. Очень опытный «визуальщик» из США Дж. Бортль оценивает ее блеск в 7,17^m.

Если вам и не удастся повторить этот результат, вооружитесь любым оптическим прибором — хоть театральным биноклем, и можете смело рассчитывать на успех. В любой инструмент вы сможете рассмотреть маленькое круглое пятнышко света чуть южнее центральной из пяти звезд, образующих хорошо заметную букву «М» в созвездии Лисички (звезды 12, 13, 14, 16 и 17 Vul).



Еще одна звезда, уже не связанная с туманностью, проецируется на ее диск чуть севернее центра. Легко заметить, что северная кромка туманности более «острая», южная же как бы немного размыта.

В 200-миллиметровый инструмент центральная звезда видна без труда, появляются локальные неоднородности и в самом диске. Хорошо видны «уши», т. е. более слабые секторы туманности и яркий «диаметр», соединяющий наиболее яркие части «часов». Он хорошо заметен в юго-западной части М 27, на фоне которой видно еще несколько слабых звезд. Инструменты крупнее (в том числе мой 350-миллиметровый рефлектор) дополняют картину таким количеством подробностей, что их трудно перечислить. В туманности различаются многочисленные сгустки, волокна, темные «провалы», при-

чем их число возрастает с возрастанием увеличения.

После М 27, туманности **NGC 6886** и **NGC 6879** могут вызвать некоторое разочарование, показавшись слабыми и невзрачными. При благоприятных условиях наблюдений обе можно «отловить» среди звезд с помощью 10—15-сантиметровых телескопов. Размер первой — $9'' \times 6''$ и блеск (фотографический) $12,2^m$, второй — $5'' \times 5''$ и блеск $12,1^m$. Обе относятся к типу IIa (по классификации Б. А. Воронцова-Вельяминова), т. е. овальные, с равномерной яркостью и уплотнением к центру. Блеск центральной звезды в первой — $16,6^m$, во второй — $15,2^m$. Все эти детали вряд ли доступны средним любительским инструментам, в которые **NGC 6879** даже при увеличении $100\times$ едва отличается от звезд, а **NGC 6886** выглядит чуть туманным небольшим овалом.

В созвездии **Орла**, рас-

Планетарная туманность М 27 в созвездии Лисички. Слева — рисунок туманности, сделан в прошлом веке У. Ласселем, справа — снимок, присланный группой иркутских любителей астрономии под руководством Э. Зуева. Они использовали самодельный телескоп 248-миллиметровый Ньютона (1:4) и пленку А-600. Выдержка — 50 мин

положившемся немного южнее и буквально усыпанным планетарными туманностями, мы попытаемся отыскать еще одну замечательную, но, как ни странно, почти неизвестную любителям — **NGC 6781**. Ее диск диаметром $106''$ виден даже в 80-миллиметровый школьный рефрактор. Более крупные инструменты покажут и ее интересную структуру: мой 35-сантиметровый «Ньютон» при увеличении $160\times$ отчетливо выявляет круглый диск с поверхностной яркостью никак не меньшей, чем у знаменитой «Совы» (М 97), и позволяет уловить, что он светится неравномер-



Планетарная туманность NGC 6871 в созвездии Орла. Автор сделал этот снимок с 50-сантиметровой менисковой камерой (1:2,4) под Алма-Атой. Пластика — ZU-21, выдержка 10 мин. Север — внизу, ширина снимка — около 5'

но. Внешний край диска кажется более ярким: по его краю как бы просматривается кольцо. Внимательный наблюдатель с 30-сантиметровым инструментом заметит, что яркость кольца и диска максимальна с юго-восточной стороны и «сходит на нет» с северо-западной. С этой стороны в кольце есть как бы разрыв. Перечисленные особенности хорошо регистрируются фотоэмульсией, однако центральная звезда и случайно спроектировавшаяся рядом звезда фона (обе уверенно получаются на снимках) визуально не видны.

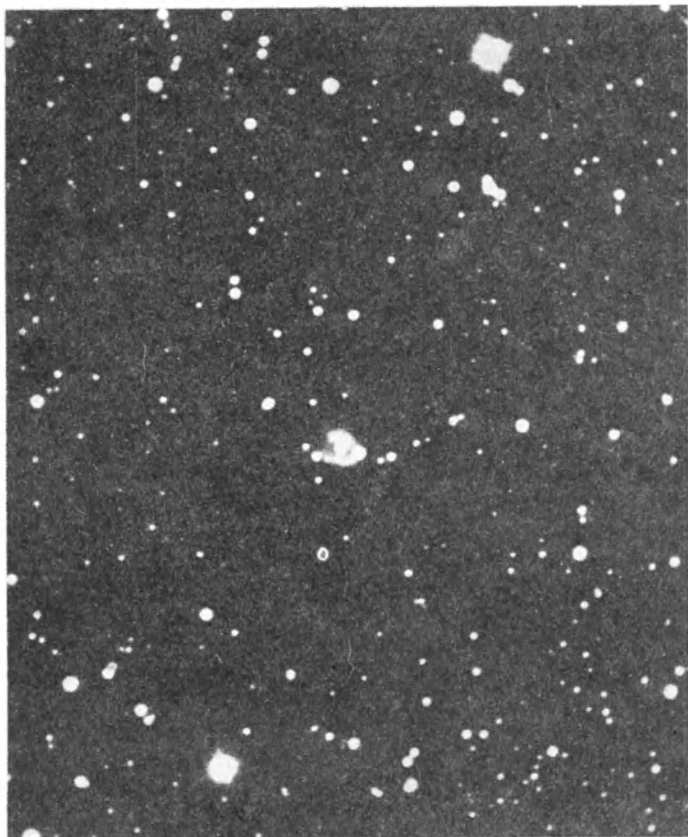
Звезда μ Орла (4,42^m) послужит нам ориентиром

при поиске еще трех планетарных туманностей. Первая из них, NGC 6804 находится в 2° севернее и в 0,5° западнее нее. Довольно значительные размеры туманности (приведенные в каталоге «Небесного атласа» А. Бечваржа значения, 63'' \times 50'', кажутся завышенными, скорее всего диаметр NGC 6804 ближе к 30'') позволяют даже в не очень крупный телескоп разглядеть диск примерно 12^m. Наблюдая в южных широтах, я замечал ее при 40-кратном увеличении даже в 80-миллиметровый рефрактор, в который она хоть и выглядела небольшой туманной звездочкой, но

безошибочно отличалась от других. В крупный телескоп туманность представляется сероватым овалом, в центре которого видна звезда примерно 13^m. Кольцеобразность NGC 6804, бросающаяся в глаза на фотографиях, визуально незаметна. При увеличениях более 150^x становится видна еще одна звезда, как бы касающаяся туманности с северо-восточной стороны, и угадываются какие-то неравномерности в освещенности диска.

Менее, чем в 1° севернее этой туманности расположена еще одна NGC 6803, но, в отличие от «соседки», придется потрудиться, чтобы найти ее даже с крупным телескопом. Несмотря на то, что ее блеск даже выше, чем у NGC 6804, размер лишь в 6'' не позволит отличить ее от окружающих звезд при небольших увеличениях. Так произошло, когда я пытался отыскать ее со своим 35-сантиметровым «Ньютоном». Ни при 50^x, ни при 88^x она ничем не выделялась среди массы звезд. Лишь 160-кратное увеличение позволило различить в нужном месте крошечный зеленоватый диск. Впоследствии же, поиск NGC 6803 и с гораздо меньшими инструментами — с ре-

Планетарная туманность NGC 6804. Снимок сделал американский любитель астрономии Ким Зуссман с 35-сантиметровым (1:8) рефлектором Кэссегрена. Пленка — Kodak TP-2415, обработанная водородом, ширина снимка — 10', север — слева вверху. (Sky & Telescope, 1993, 86, 8)



фрактором АВР-1 (20 см, 1:15) при увеличении 216^{\times} и даже с «Мицаром» при увеличении 169^{\times} не доставлял особых хлопот: она была хорошо видна как чуть туманная звезда.

Другой, еще более трудный объект, NGC 6807, лежит в 2° южнее μ Aql. Туманность имеет блеск около 13^m , диаметр около $2''$ и вряд ли ее можно выделить среди звезд, не применяя самых больших увеличений.

Четверка планетарных туманностей, расположенных юго-западнее звезды δ Aql, не должна показаться такой сложной. Две из них, NGC 6790 и 6741 весьма похожи одна на другую: блеск обеих — около 10^m , размеры тоже подобны — $9'' \times 5''$ и $9'' \times 7''$ соответственно. Правда, в NGC 6790 хорошо различима центральная звезда ($10,5^m$) в то время, как у NGC 6741 она недоступна любительским инструментам.

Туманность NGC 6772 в крупный телескоп при увеличении больше 200^{\times} выглядит большим круглым туманным пятном с четкими краями и без центральной звезды. Внешне она очень напоминает M 97. Блеск ее, приводимый в каталогах ($14,2^m$), кажется сильно заниженным, во всяком случае, мне удавалось

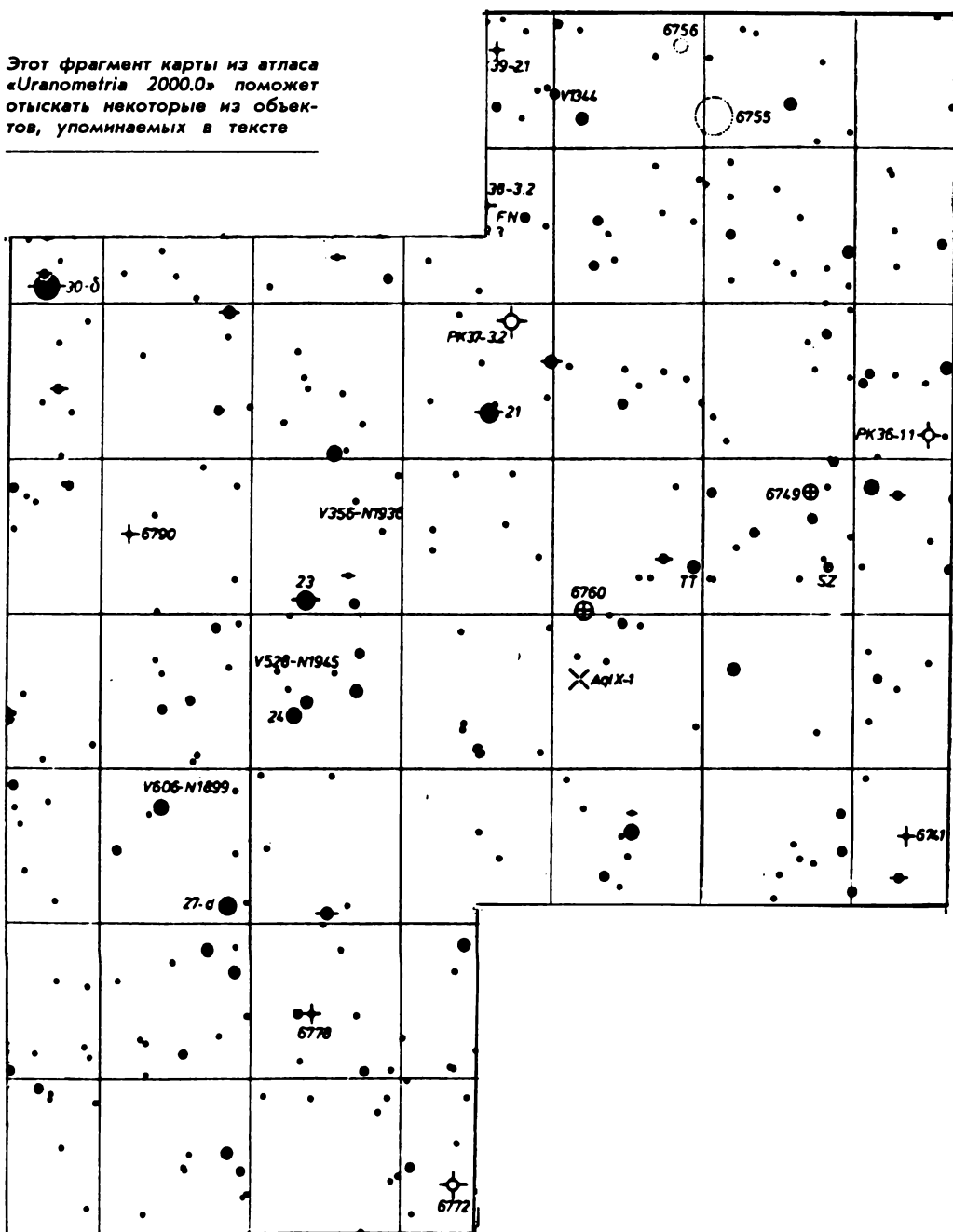
рассмотреть туманность в 20-сантиметровый рефлектор, и думается, что она окажется в пределах возможностей хорошего 15-сантиметрового. Размеры туманности, $75'' \times 56''$, однако, говорят о том, что она — довольно сложный объект.

И, наконец, последняя планетарная туманность — NGC 6778 также не доставит особых хлопот владельцам 15-сантиметровых телескопов. Ее блеск ($12,6^m$, как сообщают кашталоги) и размер ($25'' \times 19''$) вполне благоприятствуют этому.

Чтобы разнообразить впечатления от наблюдений туманностей, обратимся к объектам совершенно иного класса — к шаровым звездным скоплениям.

Одно из них, M 71, расположено в созвездии Стрелы. Скопление проецируется на «древко» Стрелы, и найти его легко. Даже в 5-сантиметровые бинокли отчетливо видно неровное туманное пятно 8^m и диаметром $6,1'$. Рассмотрев M 71 в телескоп, мы обнаружим, что оно мало напоминает обычное шаровое скопление: его «растрепанный» вид больше напоминает рассеянное (его классификация поэтому очень неопределенна, а некоторые ученые вообще склонны отнести его именно к рассеянным скоплениям).

Этот фрагмент карты из атласа «Uranometria 2000.0» поможет отыскать некоторые из объектов, упоминаемых в тексте



Шаровое скопление **NGC** т. е. оно доступно лишь тельно выше, $10,7^m$, и оно **6749**, как и **M 71**, не опытным наблюдателям с легко отыскивается в «Ми-отнесено ни к одному из хорошими телескопами. цар» классов в каталогах, поз- Такой же диаметр и у тому интересно взглянуть расположенного непода- и на него. Блеск скопления леку скопления **NGC 6760**. 12^m , диаметр — лишь $2'$, Правда, его блеск значи-

А. Ю. ОСТАПЕНКО

Галактики созвездия Дракона

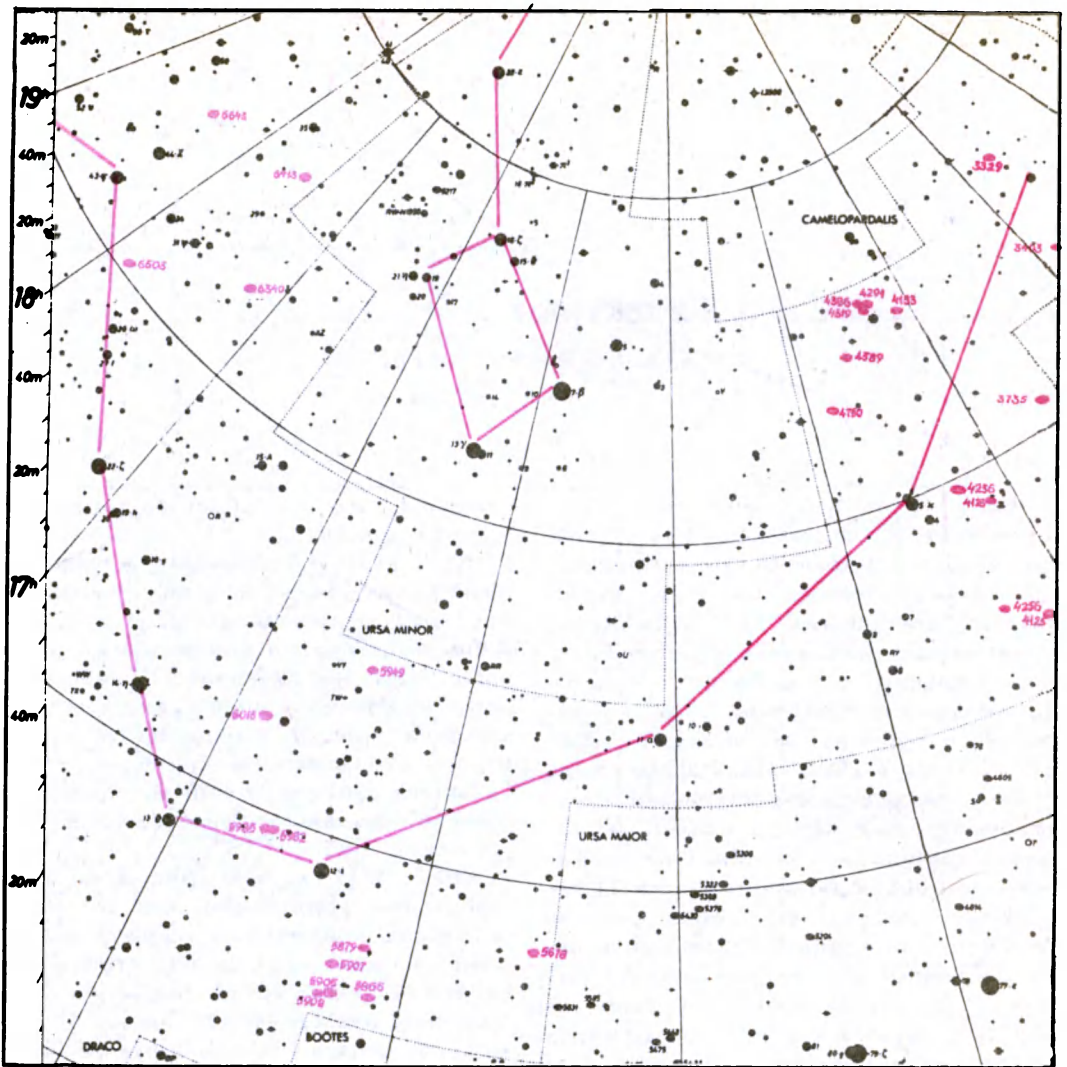
Вопреки распространенному среди любителей астрономии мнению созвездие Дракона весьма богато туманными объектами, главным образом, галактиками, доступными для наблюдения в скромные любительские телескопы типа «Алькор» и, особенно, «Мицар». Тщательные наблюдения с последним показали, что из 29 объектов NGC, отмеченных в «Sky Atlas 2000.0», лишь восемь оказались недоступными этому телескопу. Еще четыре можно назвать очень трудными объектами даже для опытного наблюдателя (их блеск 11,5—11,8^m и слабее), и в «Мицар» они видны «на пределе». Остальные можно наблюдать без особого труда, хотя для того, чтобы найти кое-какие из них, потребуется высокая прозрачность атмосферы и незасвеченное небо. Есть здесь несколько объектов (кроме галактик среди них нужно отметить яркую компактную планетарную туманность NGC 6543), которые легко отыскать в самые небольшие инструменты: в «Алькор» и 60-миллиметровый школьный рефрактор, и даже в подзорные трубы и 5-сантиметровые бинокли.

Все наблюдения на Кавказе (вблизи поселка Мезмай) были сделаны в августе 1993 г. с «Мицаром» и несколькими другими телескопами и в сентябре того же года на Украине. Хорошие условия наблюдений (прозрачность, темное небо) позволили провести их «на пределе» возможностей инструментов. Ниже приведены

описания тех из объектов, которые удалось отыскать.

NGC 3147. Эту галактику в «Мицар» нашел сразу, поскольку она компактна, невелика по размерам (2'), и в ней четко выделяется яркая центральная часть. При увеличении 32^x галактика напоминает размытую звездочку, у которой при 56^x выделяется яркая центральная часть и туманные края. Галактика выглядит почти круглой, хотя при 56^x заметна незначительная вытянутость. Блеск 10,8^m.

NGC 3735 можно рекомендовать любителям астрономии, как тест-объект, чтобы попробовать оценить и свой опыт, и качество оптики телескопа. Галактику нужно искать только на прозрачном, незасвеченном небе. С помощью атласа «Uranometria 2000.0» определяем поле поиска, отмеченное дугой из ярких (9—10^m) звезд. После пяти-десяти минут адаптации глаза к темноте, всматриваемся в поле поиска, слегка покачивая трубу телескопа. «Заподозрив» туманный объект, посмотрим чуть в сторону от него (эффект «бокового зрения»). Внутри трапеции звезд увидим слабенькую туманную черточку, которая вскоре станет четко выделяться на темном фоне. При наблюдениях в 350-миллиметровый «Ньютон» (увеличение 88^x), галактика выглядела вытянутой и слегка утолщенной. Выделялись более яркая центральная часть и неравномерно очерченные края. Блеск ее примерно на 1^m выше указанного в каталоге А. Бечваржа и близок к 11,7^m, размеры



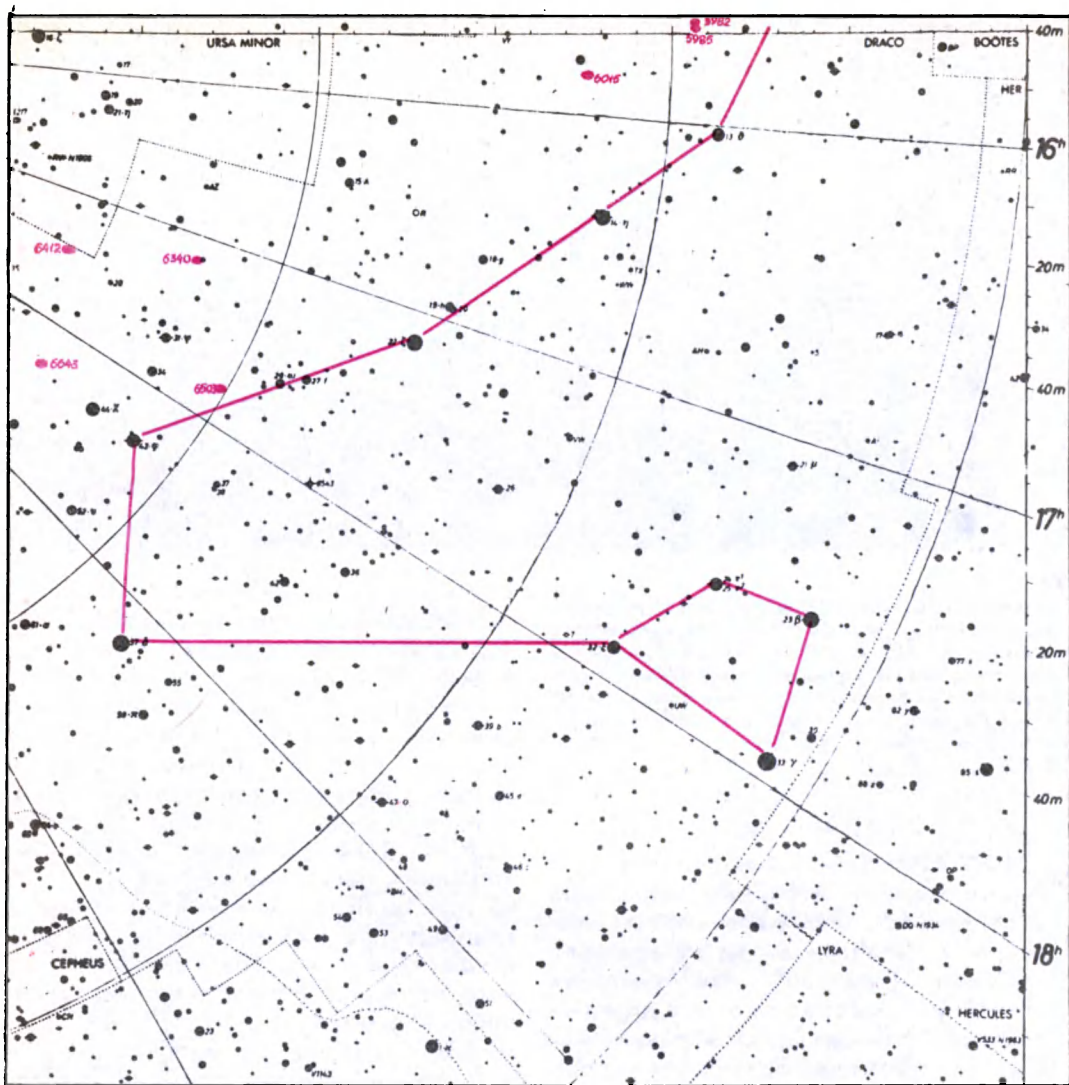
Западная часть созвездия Дракона в «Sky Atlas 2000.0» В. Тирнона. Почти все отмеченные здесь галактики можно отыскать с небольшим телескопом, например, с «Мицаром»

3,8'×0,7'. Возможно, из-за того, что ее поиск оказался непростым делом, наблюдение NGC 3735 с «Мицаром» произвело на меня значительно более сильное впечатление, чем с большим телескопом.

NGC 4125. Довольно яркая компактная небольшая по размерам — 1,5'—2', галактика вблизи звездочки 10^m. Легко наблюдается в «Мицар».

На центр галактики проецируется слабая звездочка, и это еще больше увеличивает ее суммарный блеск, который совпадает со значением в каталоге Бечваржа (10,2^m). Впервые случайно обнаружив галактику при поиске комет, я был очень удивлен, что в созвездии Дракона находится такой яркий объект.

NGC 4128. Наблюдая галактику в 350-миллиметровый рефлектор при увеличении 88^x, видим круглую маленькую довольно яркую туманность, возможно с проецирующейся на центр звездой. В «Мицар» выделить галактику среди звезд практически невозможно. Для этого нужен телескоп с диаметром зеркала от 150 до 200 мм.



Восточная часть созвездия Дракона. В весенние ночи созвездие располагается высоко над горизонтом, вблизи зенита, что очень удобно для поиска слабых объектов

отмечена как «очень слабая, крайне большая». Наблюдения ее в 350-миллиметровый «Ньютон» показали, что действительно ее поверхностная яркость незначительна и внешний вид сильно зависит от фона неба. При 50" в этот телескоп я заметил эллипсовидное размазанное туманное пятно, трудно выделяемое на фоне неба, причем южный край мне показался прямым, а северный более выпуклым (галактика занимала половину поля зрения окуляра). В «Мицар» при хороших условиях видимости, после длительной темновой адаптации, удавалось увидеть только более яркую центральную часть галактики.

NGC 4133. В группе из пяти галактик вокруг двух ярких звезд NGC 4133 — самая слабая. Даже в 350-миллиметровый «Ньютон» я нашел ее не сразу. Выглядит она маленькой и круглой. Блеск слабее 13^m.

NGC 4236. В «Новом общем каталоге» (NGC) Г. Дрейера галактика



Галактики NGC 5981, 5982 и 5985 (слева направо). Первая из них слишком слаба для небольшого инструмента, две других автор легко нашел в «Мицар». Снимок сделан американским любителем М. Джермано с 20-сантиметровым (1:10) Шмидт-Кассегреном. Экспозиция — 90 мин, пленка «Kodak 103a-F» (Sky and Telescope, 1989, 77, 6)

NGC 4291. При наблюдении в 350-миллиметровый «Ньютон» галактика выглядела круглой маленькой туманностью. В «Мицар» видна на пределе видимости (при $56''$) как туманная «звездочка», которая вместе с другими тремя слабыми звездами образует маленькую трапецию. Блеск примерно $11,2—11,6^m$.

NGC 4319. При наблюдении в 350-миллиметровый рефлектор по сравнению с NGC4291 галактика показалась более слабой по блеску и большей по размеру, округлой. При внимательном рассматривании с увеличением $88\times$ разделяется на две. В «Мицар» не видна. Для ее наблюдения нужен рефлектор с диаметром зеркала не менее 200-мм.

NGC 4386. В 350-миллиметровый «Ньютон» галактика выглядела эллипсоидальной, довольно яркой туманностью, расположенной между двух слабых ($12,5^m$) звездочек. Блеск галактики примерно $11,6^m$, диаметр $2'$. В «Мицар» при оптимальных хороших условиях

видна «на пределе» как очень слабая, слегка размазанная, туманность. Для нормального наблюдения нужен телескоп 150—200-мм.

NGC4589. В «Мицар» свободно отыскивается маленький неяркий эллипс, в центре которого заметно повышение яркости. Большая ось эллипса имеет размер $0,9—1,0'$.

NGC 4750. Довольно слабая для «Мицара», поскольку ее блеск — $11,2^m$, но при тщательном поиске и хорошей адаптации ее наблюдение не составит труда. Имеет вид слабенького туманного пятнышка неопределенных очертаний. Заметна и при $32\times$, но из-за малых размеров ее удобнее наблюдать при $56\times$. Форму галактики можно определить в телескоп с апертурой не менее 150 мм. Найти галактику легко, воспользовавшись атласом «Uranometria 2000.0»: она будет находиться в центре треугольника из звезд девятой звездной величины.

NGC 5678. Блеск этой галактики — $11,3^m$. Для «Мицара» это слабый объект, но при прозрачном, незасвеченном небе она все же видна. При увеличении $40\times$ галактика имеет вид слабенького диффузного размытого туманного пятнышка, средних размеров (около $3'$).

NGC 5866. Эта яркая ($10,0^m$) галактика в «Мицар» выглядит туманным вытянутым пятнышком, причем сначала кажется круглой, но при внимательном

Сравнение визуальных характеристик галактик созвездия Дракона

Номер, обозначение, тип	Каталог RNGC		Каталог «Coeli» А. Бечваржа			Оценки автора	
	блеск	размер	блеск, m_v	блеск, m_p	размеры	блеск	размеры
1. 3147 Sc	10 ^m 7	4'0	10 ^m 9	11,9	2'0 × 1,7	10,8	2' × 2'
2. 3329 E	13p	2,1		12,9	10 × 0,6	—	—
3. 3403 S	13p	3,1		12,9	1,9 × 0,6		
4. 3735 Sc	12p	4,2	12,7	12,6	3,8 × 0,7	11,7:	3,8 × 0,7
5. 4125 E	9,8	5,1	10,2	11,3	2,0 × 1,5	10,2	2,0 × 1,5
6. 4128 Sa	13p	2,8	12,3	12,9	2,0 × 0,5	11,8:	2,0 × 0,5
7. 4133 —	13p	—	—	—	—		
8. 4236 Sc	9,7	18,6	12,4	11,3	23,0 × 0,6	11,5	
9. 4256	12p	4,6		13,0			
10. 4291 E	12	2,2	11,9	12,5	0,3 × 0,3	11,3:	
11. 4319	12p	3,1					
12. 4386 E	12p	3,0	11,9	12,8	0,3 × 0,2	11,6:	2' × 1,5
13. 4589 E	12p	3,0	10,9	12,1	0,5 × 0,5	10,8	0,9 × 1,0
14. 4750 Sb	12p	2,3	11,2	12,2	1,8 × 1,0	11,2	
15. 5678 Sc	12p	3,2	11,2	12,1	2,6 × 1,0	11,3	3 × 2
16. 5866/M 102 Sa	10,0	5,2	10,8	11,5	3,0 × 1,0	10,0	3 × 2
17. 5879 Sb	11,5	4,4		12,1	3,3 × 1,3	11,3	1,5 × 1,5
18. 5905	12p	4,2					
19. 5907 Sc	10,4	12,3	11,3	11,8	11,0 × 0,6	10,5	10 × 1
20. 5908	11,9	3,2		13,0			
21. 5949 S	13p	2,4		12,9	2,0 × 1,0		
22. 5982 E	11,1	2,9	10,9	12,5	1,0 × 0,7	11,1	1 × 1
23. 5985 Sb	11,0	5,5	11,4	12,2	4,0 × 2,0	11,4	3 × 1
				12,1	5,5 × 2,1	11,2	
24. 6015 Sc	11,2	5,4					4 × 2
25. 6340 E	11,0	3,4		12,8	1,0 × 1,0	11,6	1 × 1
26. 6412 S	11,8	2,3		12,8	2,0 × 2,0	11,8:	2'
27. 6503 Sc	10,2	6,2	9,6	11,4	5,0 × 1,0	10,2	5 × 1
28. 6643 Sb	11,1	3,9	11,3	12,7	3,0 × 1,1	11,1	3,5

Примечание: данные из каталога RNGC (The Revised New General Catalogue) 2000.0 содержат блеск визуальный, определенный по фотоснимкам (фотографический отмечен буквой *p*) и наибольший размер (по фотографиям); данные из каталога «Coeli» — блеск визуальный (m_v) и блеск фотографический (m_p); в графе «блеск» двоеточиями снабжены те оценки, точность которых не превышает 0,3^m.

рассматривании обнаруживается ее вытянутость. Заметно повышение яркости к центру.

NGC 5879. Галактика блеском 11,3^m и с малыми размерами (1,5') удобно расположена на небе. Поэтому ее легко отыскать в «Мицар»; при 56"

кажется крошечным пятнышком света. При 32" почти неотличима от звезд.

NGC 5905. Не случайно, составляя свой каталог, Г. Драйер отметил этот объект как «довольно слабый»: я безуспешно искал его в «Мицар» с помощью приведенной в «Земле и Вселенной» (1992, № 2) карты из «Па-

ломарского обзора». Однако во время поиска галактика находилась на высоте 35° над горизонтом и, возможно, попытка отыскать ее весной, когда эта часть созвездия будет в зените, окажется более успешной.

NGC 5907. Эта эффектная галактика видна в «Мицар». Ее блеск $10,5^m$. Она сильно вытянута, поскольку расположена к наблюдателю «ребром», а ее размеры даже в «Мицар» впечатляют: примерно $9' \times 1'$. Особых подробностей 11-сантиметровый рефлектор разглядеть не позволяет, для этого нужен телескоп с апертурой не менее 30 см.

NGC 5982. В группе из шести галактик эта самая яркая. Ее блеск $11,1^m$. Для «Мицара» легкий объект. Хорошо сконденсирована, круглая, маленькая ($1'$), поэтому выделяется среди звезд как слабая, чуть туманная «звездочка».

NGC 5985 видна по соседству с NGC5982, чуть уступает ей по блеску ($11,4^m$) и для наблюдений в «Мицар» — более трудный объект. Однако, если вы нашли NGC 5982, то вблизи нее без особых проблем найдете и NGC5985. Галактика имеет вид слабенького удлинённого пятнышка. В каталогах указывается диаметр на $1'—2'$ больше, чем наблюдаемый в «Мицар» ($3' \times 1'$). По-видимому, «Мицар» «берет» только яркую центральную часть галактики.

NGC 6015 имеет блеск ($11,2^m$), найти ее в «Мицар» (недалеко от яркой звезды) нетрудно, необходимо лишь чистое незасвеченное небо и пятиминутная адаптация глаз (условия обязательные для наблюдения слабых галактик $10,5—11,5^m$ в 10—15-сантиметровые телескопы). В «Мицар» выглядит маленьким ($4' \times 2'$), вытянутым сгустком света.

NGC 6340. Эту галактику я нашел не сразу, и не случайно: для «Мицара» это объект довольно трудный. В каталоге Дрейера отмечена как «довольно слабая». По моим оценкам, блеск галактики — примерно $11,6^m$, размеры около минуты дуги, что объясняет ее звездообразный вид. Поэтому при ее поисках нужно внимательно всматриваться в каждую слабую звездочку, тогда вы обязательно уви-

дите между двух близких слабых звезд еще одну, более туманную. Приглядитесь, и вы поймете, что это NGC 6340. Чем больше всматриваешься в нее, тем лучше она видна.

NGC 6412. Особенно благоприятные условия наблюдения в одну из ночей способствовали тому, что наконец-то мне удалось определить предельную проникающую способность «Мицара». «Предельным объектом» оказалась именно эта галактика. Ее блеск приблизительно $11,8^m$, размеры $2'$. Однако это было непростым делом. Сосредоточив внимание на звезде 8^m , расположенной поблизости, я никак не мог обнаружить галактику и лишь, начав осматривать небо возле двух слабых звезд по обе стороны от яркой, возле одной из них уловил постоянный слабый блеск. По-видимому, это была именно NGC 6412, но нужна проверка в большой телескоп.

NGC 6503 я нашел в Мезмае при поиске комет с помощью 15-сантиметрового рефлектора. Галактика произвела сильное впечатление своим «классическим» видом. Поскольку она расположена ребром, то в телескоп здесь виден типичный удлинённый с центральным утолщением силуэт, вокруг которого угадывается галактическое гало (слабый туманный ореол). На продольную ось галактики проецируются несколько слабых звездочек, дополнительно украшая ее. В «Мицар» она много теряет и выглядит слегка утолщенной спицей с нанизанными бусями. Блеск — $10,2^m$, размеры $5' \times 1'$.

NGC 6643. Галактика имеет блеск около $11,1^m$, диаметр $3,5'$ и очень диффузный вид. Она расположена возле группы слабых звездочек, поэтому складывается впечатление, что под NGC 6643 видно рассеянное звездное скопление, окутанное туманной дымкой.

Галактик **NGC 3329, 3403, 4133, 4256, 5908** и **5949** в «Мицар» обнаружить не удалось.

А. В. БАРАНСКИЙ
264940 Украина, Волынской обл., г. Владимир-Волынский,
ул. Комарова, 12

Летняя астрономическая школа в Рязани

В августе 1993 г. на базе Ижевской средней школы им. К. Э. Циолковского Спасского района Рязанской области была организована экспедиция, в которой приняли участие сотрудники астрономической обсерватории Рязанского госпедуниверситета, члены астрономического научного общества учащихся Рязани и астрономического клуба «Деймос» Ижевской школы.

Цель экспедиции — фотографические наблюдения астероидов, поиск, визуальные и фотографические наблюдения комет, организация метеорного

патруля (середина августа — хорошее время для наблюдения метеоров — активно «действует» поток Персеиды).

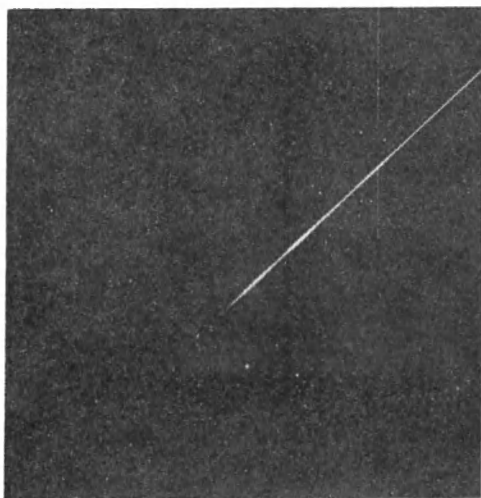
Экспедиция располагала 25-сантиметровым телескопом Кассегрена на экваториальной установке с электрическим приводом, 26-сантиметровым ньютоновским кометоискателем, 12-сантиметровым рефрактором, астрографом на базе объектива «Уран-9», биноклями ТЗК и БМТ.

В ходе работ участники отработывали методики поиска и фотографирования малых планет, определения и контроля прозрачности атмосферы, проводили наблюдения метеорных потоков, вели поиск комет.

Для учащихся, участвовавших в экспедиции, была организована астрономическая школа, в которой они изучали основы сферической астрономии и практической астрофизики, методы обработки наблюдений. Школьники познакомились с системами астрономической оптики различных типов, получили навыки астрономических наблюдений с ней.

Работа экспедиции была организована так, что рядом с начинающим наблюдателем всегда находился опытный, и вся обработка полученных визуальных и фотографических материалов велась совместно.

Наблюдателям удалось получить серию негативов с изображениями астероидов Весты и Паллады. Эти негативы использовались впоследствии



Фотография яркого метеора 15.08.93. Объектив «Ю-37», пленка ФН-250. Фото А. Воскресенского

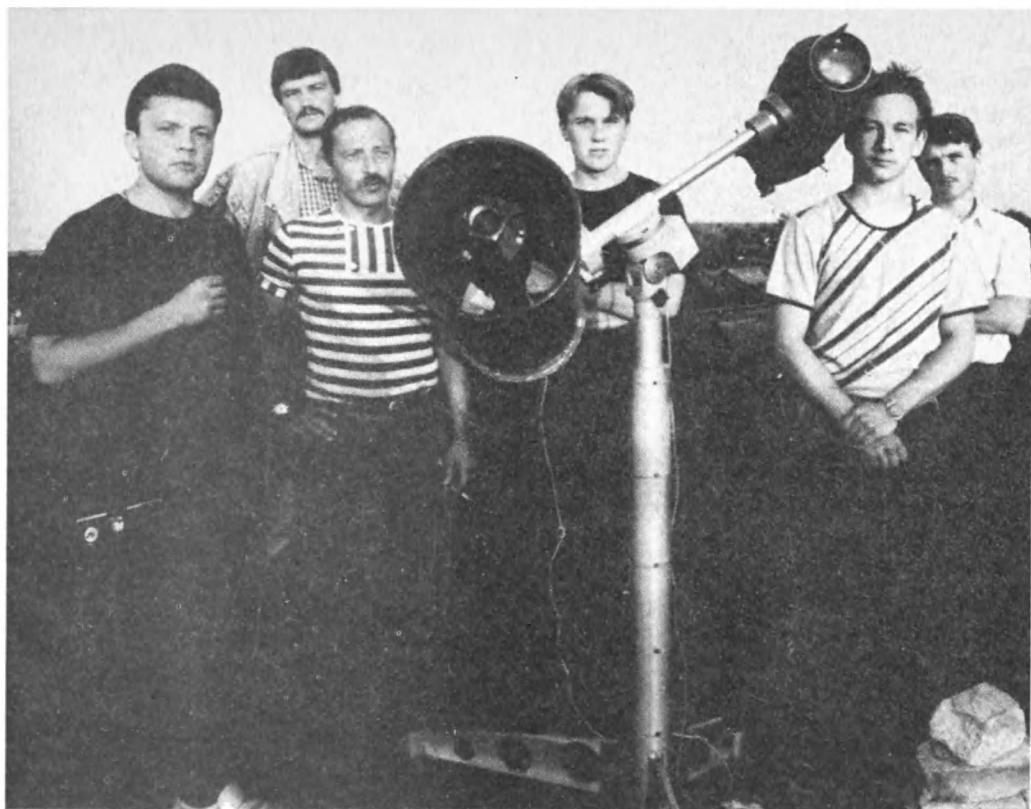


Полярное сияние над Ижевским 15.08.93. в 2 ч 12 мин. Объектив «Мир-24», пленка ФН-250, выдержка 30 с. Фото А. Бусарова

для постановки лабораторных работ в университете (определение координат астрономических объектов фотографическим методом, определение орбит малых планет, фотографическая фотометрия малых планет). Ряды наблюдений метеорных потоков Персеиды, Аквариды, Кассиопеиды оказались достаточными для надежного определения их радиантов, пространственной плотности, функции светимости. Хотя поиск комет не увенчался успехом, все же это частично было компенсировано тем, что молодые



Луна вблизи новолуния. 16.08.93. $T_{\text{моск}} = 04$ ч 30 мин, пленка ФН-125, выдержка 5 с, объектив «Гранит-11». Фото А. Бусарова

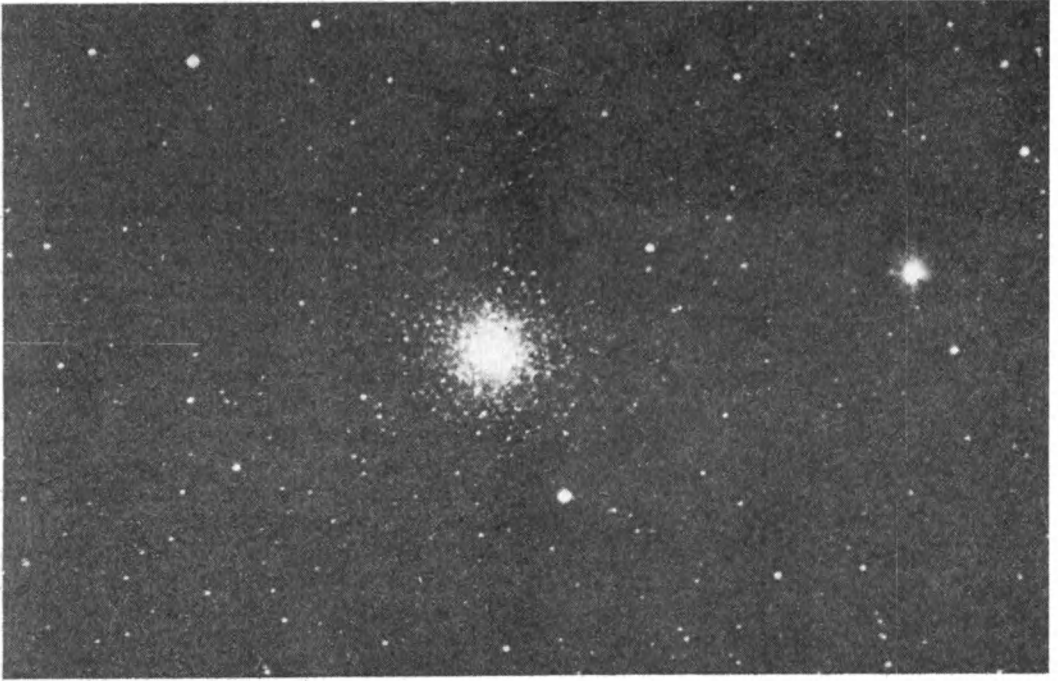


участники экспедиции изучили расположение на небе диффузных объектов (галактик, туманностей, звездных скоплений). Им посчастливилось увидеть редкое в средних широтах полярное сияние. Оно было видно в течение получаса в ночь с 14 на 15 августа 1993 г.

Подобные экспедиции, безусловно, стимулируют школьников серьезно изучать астрономию, осваивать современные научные методы исследования Вселенной.

Группа наблюдателей на астрономической площадке ижевской средней школы им. К. Э. Циолковского у экспедиционного телескопа (система Кассегрена, $D=250$ мм, $1:10$). Фото П. Титова

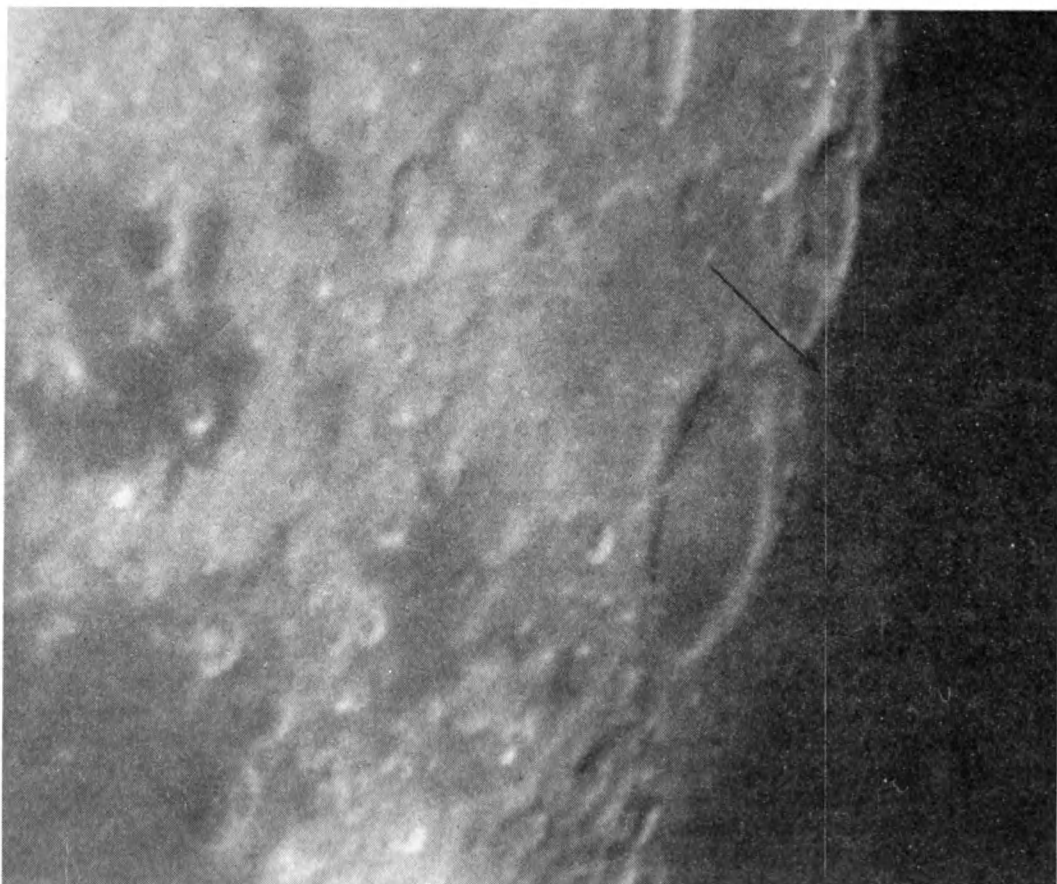
*А. К. МУРТАЗОВ,
директор астрономической обсерватории
Рязанского пединститута,
А. Н. ШИРОКОВ,
преподаватель астрономии
ижевской средней школы*



Шаровое скопление М 15 в созвездии Пегаса. Снимок на 0,5-метровом менисковом телескопе (1:2,8) алма-атинской обсерватории Каменское Плато сделал московский любитель астрономии А. Остапенко. Он использовал пластинку ORWO ZU-21, выдержка составила 8 мин



Спиральная галактика М 33 в созвездии Треугольника — одна из самых ярких и крупных на земном небе. Ее спиральные рукава, хорошо видимые на этом снимке, можно заметить и визуалью, если диаметр телескопа будет не меньше 10—15 см. Снимок сделал Л. Л. Сикорук из Новосибирска с 15-сантиметровым рефлектором Ньютона (1:6,4), пленка А-500, выдержка 30 мин



Кратер Фокилид и цирк Шиккард (в центре). Стрелкой показан затопленный до краев лавой («столовая гора») кратер Варгентин. Темное пятно слева внизу — Море Влажности. Снимок сделал наблюдатель из г. Жирновска Волгоградской области В. Н. Туманов с помощью 75-миллиметрового рефрактора (1:8,7) и окулярной камерой (15^х)

Снимок туманности Андромеды М 31, присланный московским школьником В. Захаровым. Сделан 15 октября 1993 г. вблизи пос. Мезмай на Кавказе. Очень темное южное небо позволило зарегистрировать внешние слабые области галактики: на снимке ее размеры достигают 2°. Объектив «Гелиос-44», задифрагмированный до 1:3,4, выдержка с ручным гидрированием — 15 мин



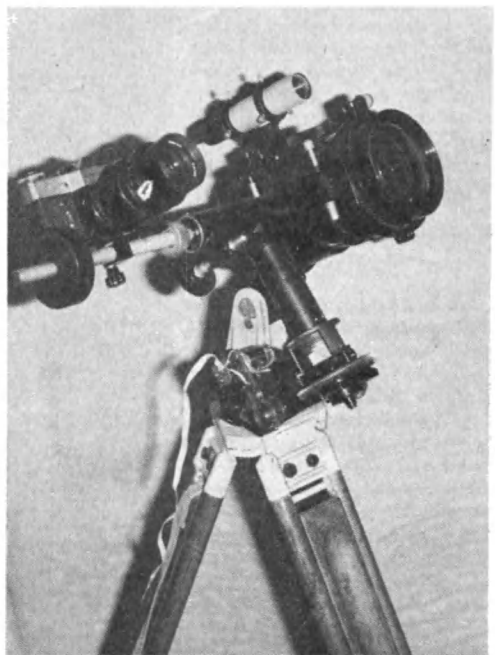
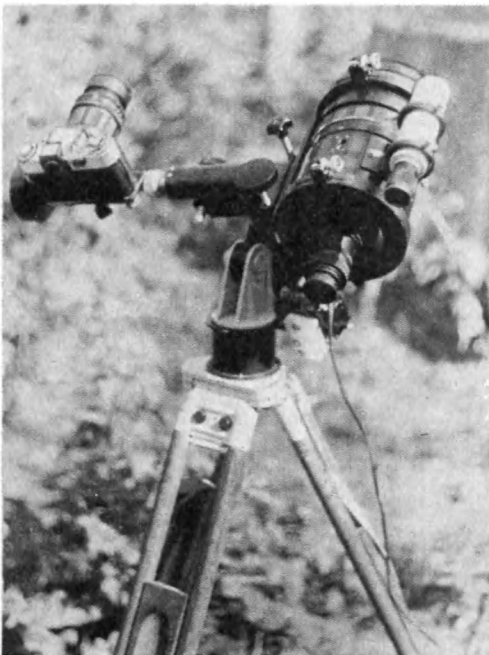
Привод астрографа с двигателем постоянного тока

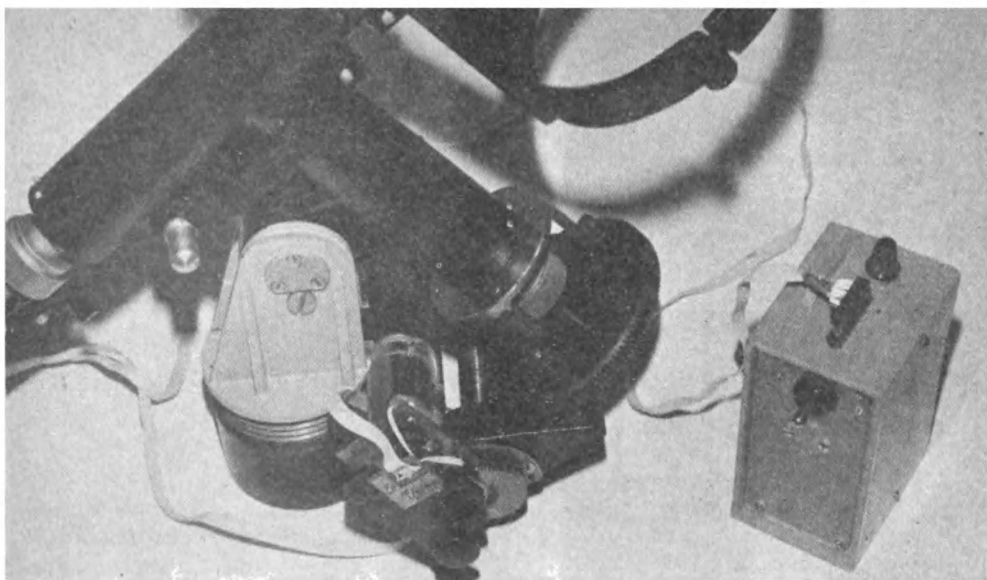
При постройке переносных телескопов и астрографов у любителей часто возникает проблема выбора привода часовой оси. Использование пружинных и гиревых приводов требует тщательного изготовления механических узлов регулятора оборотов этой оси, что не всегда доступно любителю. Для применения же в приводе синхронных двигателей переменного тока нужна электросеть или LC-генератор с усилителем мощности, имеющие значительное энергопотребление.

Удобнее всего использовать храповые дискретные механизмы с элек-

тромагнитами (Земля и Вселенная, 1979, № 5, с. 72), либо микродвигатели постоянного тока. Однако такие устройства малопригодны при фотографировании с окулярным увеличением или большими фокусными расстояниями, поскольку при частоте 0,5—2 Гц, на которой работают подобные устройства, сдвиг изображения в поле зрения телескопа может достигать 7—30", что недопустимо при фокусных

Общий вид астрографа (МТО-1000 используется как гид)





Параллактическая головка астрографа, электропривод часовой оси и пульт управления с элементами питания

Снимки, сделанные автором на астрографе с объективом «Тайр-11». Туманность NGC 7000 «Северная Америка», выдержка 25 мин. Пленка «Фото-250»





Планетарная туманность М 27, «Гантель», в созвездии Лисички. Использовался телеконвертер, выдержка 40 мин. Пленка «Фото-250»

Χ и η, «Двойное скопление» в Персее, выдержка 10 мин. Пленка «Фото-250»

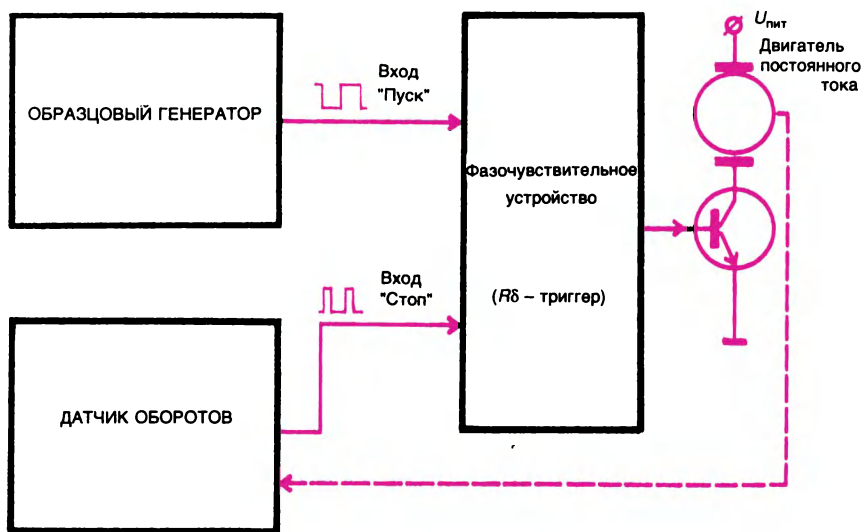


Схема работы привода

расстояниях астрографа более 0,3 — 0,5 м.

Микродвигатели постоянного тока имеют малые габариты и энергопотребление, но стабильность скорости вращения у них недостаточно высока. Для устранения этого недостатка необходимо применять электронные или механические регуляторы.

Используя микродвигатель постоянного тока ДПМ-25, автор спроектировал и изготовил часовой привод к астрографу на базе экваториальной монтировки телескопа «Мицар». В качестве регулятора скорости вращения вала электродвигателя первоначально использовался электронный стабилизатор, основанный на измерении тока якоря двигателя. Подобные схемы широко применяются в переносных магнитофонах. Однако эксплуатация астрографа показала, что стабильность скорости в этом случае недостаточно высока — 1—2%.

Более совершенны регуляторы, построенные по схеме Герриша. Подобные устройства используются для синхронизации вращения двигателя привода телескопа с астрономическими часами, которые служат образцовым генератором. Их основа — фазочувствительное устройство с двумя входами. При подаче импульса на первый вход оно включает двигатель, при подаче импульса на второй вход — отключает его. На первый подаются импульсы с образцового генератора, на второй — с датчика оборотов. Скорость двигателя выбирается несколько выше требуемой. Двигатель запускается импульсом генератора, совершает полный оборот, останавливается по сигналу с датчика оборотов и «ждет» следующего запускающего импульса.

Таким образом, средняя скорость вращения двигателя и ее стабильность зависят только от частоты и стабильности образцового генератора. Для исключения влияния инерционности двигателя частота генератора должна быть в 5—10 раз больше электромеханической постоянной времени, при этом сигнал обратной связи целесообразно снимать не с вала двигателя, а с промежуточной шестерни редуктора.

Движение в этом приводе, как и в храповом механизме, осуществляется толчками, но «ошибка дискретности» зависит не от частоты, а от времени «ожидания» двигателя, которое в свою очередь определяется разностью между требуемой и фактической скоростью двигателя и, как правило, на порядок меньше периода образцового генератора.

При постройке привода для своего астрографа в качестве опорного генератора использовался мультивибратор на операционном усилителе. Фазочувствительное устройство собрано на элементах И-НЕ микросхемы К561ЛА7 и представляет собой RS-триггер, с выхода которого сигнал поступает на транзистор, коммутирующий микродвигатель. Фотоэлектрический датчик оборотов установлен на промежуточной шестерне редуктора и состоит из светодиода и фотодиода с усилителем. Световой поток от светодиода модулируется одиночным отверстием в шестерне.

Для повышения устойчивости частоты напряжение питания генератора стабилизировано. Период колебаний генератора равен требуемому периоду вращения шестерни, на которой установлен датчик обратной связи, и составляет 0,533 с (при слежении за звездами). Нестабильность частоты генератора не превышает 0,1%. В этом приводе предусмотрено изменение частоты генератора в пределах 10%. Ошибка «дискретности» движения привода, как указывалось выше, определяется временем «ожидания» двигателя и не превышает в построенном механизме 3''.

Необходимо отметить, что в качестве опорного генератора можно применить кварцевый генератор с делителем частоты, однако это будет оправдано лишь в случае безупречной точности выполнения механики. Питание схемы осуществляется от шести элементов А332, ток потребления (с учетом двигателя) не превышает 35 мА.

Механическая часть привода состоит из двигателя ДПМ-25 с промежуточным редуктором и червячной пары с однозаходным червяком и шестерней диаметром 100 мм. Число зубьев на

шестерне — 120. При ручном наведении астрографа на объект промежуточный редуктор с двигателем отводится от червяка, после чего наведение осуществляется рукояткой, укрепленной на противоположном конце червяка.

Сам астрограф представляет собой объектив МТО-1000, закрепленный в монтировке «Мицара», и малоформатную камеру «Зенит-В» с телеобъективом (типа Таир-11, ЗМ-5 и т. п.) на противоположном конце оси склонений. МТО-1000 используется либо как

гидирующий телескоп, либо для непосредственного фотографирования в прямом фокусе (при использовании дополнительного гида). Астрограф при этом устанавливается на деревянном геодезическом штативе.

Привод может также использоваться непосредственно с телескопом «Мицар», причем в конструкции последнего не требуется никаких изменений.

*Б. Н. ПУСТЫГИН
140406, Московская обл. Коломна-6,
ул. Октябрьской революции,
д. 370, кв. 133*

**Заведующая редакцией Г. В. МАТРОСОВА. Зав. отделом наук о Земле В. А. МАРКИН.
Зав. отделом космонавтики А. Ю. ОСТАПЕНКО. Художественный редактор М. С. ВЬЮШИНА.
Литературный редактор Е. А. НИКИТИНА. Младший редактор Л. В. РЯБЦЕВА**

Корректоры: В. А. ЕРМОЛАЕВА, Л. М. ФЕДОРОВА

Обложку журнала оформила М. С. ВЬЮШИНА

Номер оформили: Ю. А. ТЮРИШЕВ, М. И. РОССИНСКАЯ, О. В. ЛЕВАШОВА

**Адрес редакции: 117810, ГСП-1, Москва, Мароновский пер., д. 26,
ж-л «Земля и Вселенная»
Телефоны: 238-42-32, 238-29-66**

**Сдано в набор 11.03.94 г. Подписано в печать 10.05.94 Формат бумаги 70×100 1/16.
Офсетная печать. Уч.-изд. л. 10,5 Усл. печ. л. 8,1 Усл. кр.-отт. 633 Бум. л. 3,0
Тираж экз. 7595 Заказ № 989**

**ВО «Наука» 117810. ГСП-1, Москва, Мароновский пер., 26
Московская типография № 2 ВО «Наука», 121099, Г-99, Шубинский пер., 6**

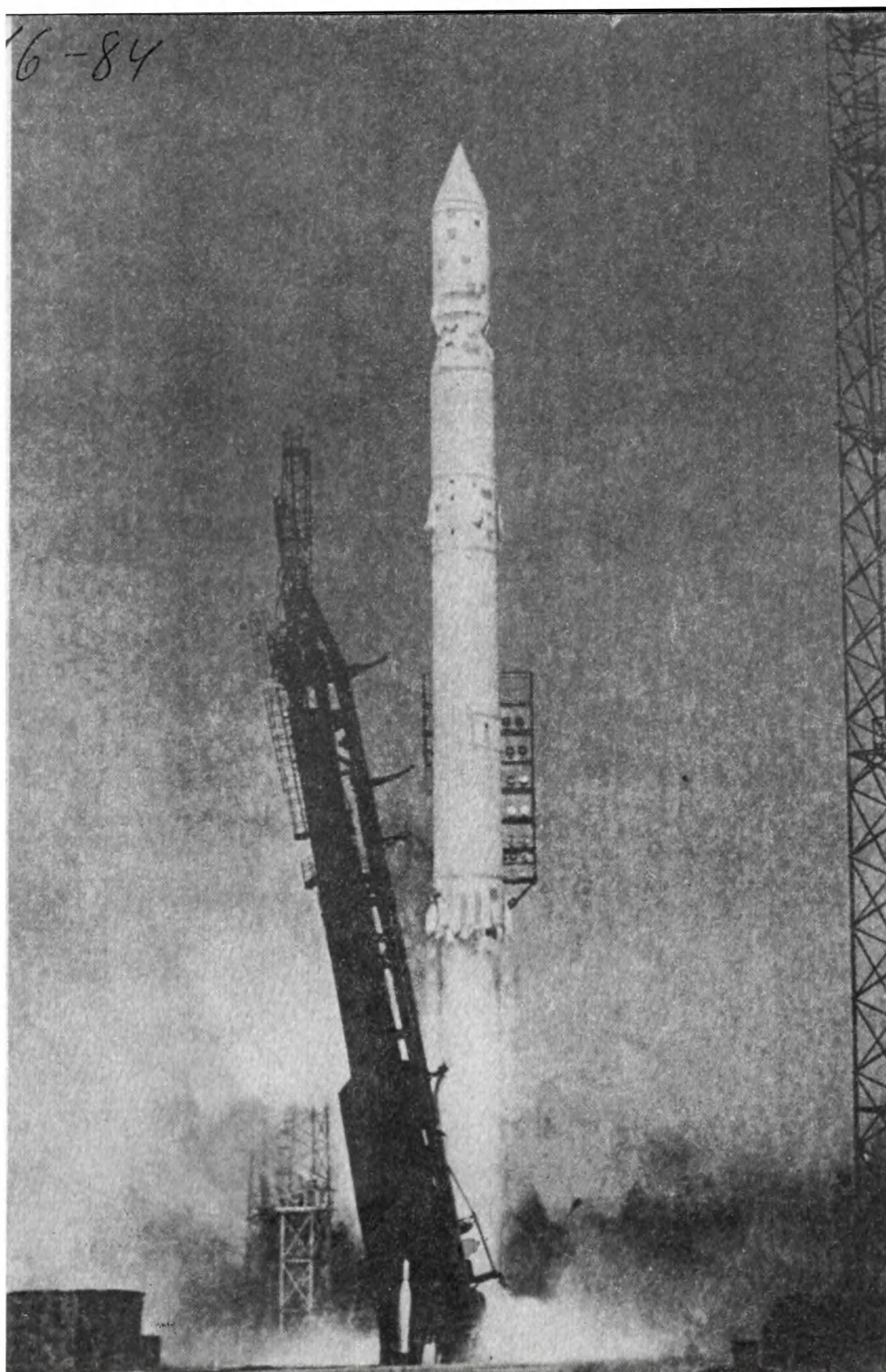
Ожидаемое столкновение кометы с Юпитером

Отвечая на многочисленные письма любителей астрономии, поступившие в Рабочую группу «Планеты-гиганты» и в наш журнал, публикуем таблицу предвычисленных в Лаборатории реактивного движения Калифорнийского технологического института моментов столкновения с Юпитером фрагментов кометы Шумейкеров-Леви в период с 16 по 22 июля 1994 г. Как уже отмечалось, столкновения будут происходить на невидимой с Земли стороне Юпитера. Планетоцентрическая широта и долгота от центрального меридиана ночной стороны Юпитера, указанные в таблице, характеризуют положение мест столкновения для каждого из фрагментов кометы. Моменты даются по Всемирному времени в днях и долях суток (точность их составляет 0.03 суток или около 50 минут). По мере уточнения положений кометы эти моменты могут отличаться от истинных и на большую величину, но все же полезны для ориентировки наблюдателей. Область Юпитера, где произошло столкновение, станет видимой на диске планеты приблизительно через $[(100\text{-долгота}) \times 1.3]$ минут после указываемого момента столкновения. В последних столбцах таблицы дается вероятность того, что вблизи момента столкновения тот или иной из галилеевых спутников Юпитера может быть освещен светом достаточно мощной вспышки при вторжении ядер кометы, в результате чего яркость его может несколько увеличиться на короткое время (0 соответствует вероятности менее 0.68, 1 — 0.69—0.95, 2 — 0.96—0.99 и 3 — более 0.99).

Обозначение фрагмента	Момент (Июль) UT	Широта (град.)	Долгота (град.)	Вероятность благоприятного положения спутников			
				J1	J2	J3	J4
A = 21	16.81	- 43.26	64.43	0	3	3	3
B = 20	17.11	- 43.34	64.73	3	3	3	3
C = 19	17.27	- 43.37	64.90	3	2	3	3
D = 18	17.48	- 43.42	65.11	3	0	3	3
E = 17	17.60	- 43.91	59.66	1	0	3	3
F = 16	18.01	- 43.53	65.65	0	0	3	3
G = 15	18.31	- 43.90	65.32	0	0	3	3
H = 14	18.81	- 43.85	66.24	3	0	0	3
J = 13	19.09	- 43.74	66.77	3	0	0	3
K = 12	19.43	- 43.99	67.21	0	3	0	3
L = 11	19.94	- 44.15	67.51	0	3	0	3
M = 10	20.23	- 43.92	67.99	0	3	0	3
N = 9	20.41	- 43.95	68.18	0	3	0	3
P = 8	20.62	- 43.97	68.40	3	3	0	3
Q = 7	20.81	- 44.29	67.35	3	3	0	3
R = 6	21.30	- 44.14	79.28	1	0	0	3
S = 5	21.66	- 44.62	68.71	0	0	0	3
T = 4	21.75	- 44.10	69.63	0	0	0	3
U = 3	21.88	- 44.11	69.77	0	0	0	3
V = 2	22.18	- 44.14	70.09	0	0	0	3
W = 1	22.32	- 44.20	69.92	2	0	0	3

Председатель Рабочей группы
«Планеты-гиганты»
В. Г. ТЕЙФЕЛЬ

16-84



«Наука»
Цена 150 р.
Индекс 70336