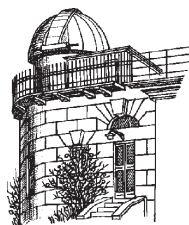


**ОДЕССКИЙ
АСТРОНОМИЧЕСКИЙ
КАЛЕНДАРЬ**

2006



Одесса
“Астропринт”
2005

ББК 22.6(4Укр-4Од)я43
О-417
УДК 521/524:529(477.74)(066)

Одесский астрономический календарь (ОАК-2006) предназначен для широкого круга читателей: от школьников до астрономов-профессионалов. Приведенные в нем сведения могут пригодиться всем любителям астрономии и специалистам, нуждающимся в определении моментов времени восходов и заходов Солнца, Луны и наступления сумерек. Эти сведения особенно полезны для работников транспорта (водителей автотранспорта, моряков и т.д.), энергетиков, обеспечивающих освещение улиц и акваторий портов, военнослужащих, а также для сотрудников правоохранительных органов. Сведения о различных астрономических явлениях года представляют интерес для учителей школ разного уровня, занимающихся преподаванием астрономии, а также для студентов колледжей и вузов. Много интересного в календаре найдут для себя как любители астрономии, так и те, кто просто интересуется новостями астрономии, а астрономы-профессионалы могут использовать календарь как справочное пособие.

В календаре традиционно, кроме описания основных астрономических явлений года и таблиц, определяющих положения небесных светил на небесной сфере и время наблюдения астрономических явлений, включены также научно-популярные очерки по интересным вопросам астрономии, астрофизики и исследованию космического пространства. Данный выпуск календаря содержит очерки, посвященные галактикам. В них рассматриваются вопросы, касающиеся природы как нашей Галактики, так и других галактик.

The Odessa Astronomical Calendar (OAC-2006) is dedicated for the broad public sections from the pupils to professional astronomers. Information quoted in the Calendar could be useful for ordinary citizens and criminal investigators who need to know exact moments of the sunsets and sunrises, Moon rise, and twilight beginning, as well as for the School teachers, and lecturers of the colleges and universities. Many interesting things can be found there by the amateurs of astronomy and those people who are interested in astronomy. Professional astronomers can use the Calendar as a Manual of astronomy.

Following to our tradition, the Calendar consists not only of the description of the main annual astronomical events and tables for the determination of the apparent positions of celestial bodies, but also some articles on the modern astronomical problems. In particular, this present issue of the Calendar is devoted to the physics of galaxies, their origin and evolution.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор – **В. Г. Каретников**, проф., д-р физ.-мат. наук.

Зам. главного редактора – **В. В. Михальчук**, канд. физ.-мат. наук.

Секретарь редколлегии – **А. А. Базей**, канд. физ.-мат. наук.

Члены редколлегии: **С. М. Андриевский**, проф., д-р физ.-мат. наук,

И. Л. Андронов, проф., д-р физ.-мат. наук, **М. Ю. Волянская**, канд. физ.-мат.

наук, **Г. А. Гарбузов**, канд. физ.-мат. наук, **Н. И. Кошкин**, канд. физ.-мат. наук,

В. А. Позигун, канд. физ.-мат. наук, **М. И. Рябов**, канд. физ.-мат. наук.

В оформлении обложки использовано изображение старинной гравюры, взятой из «Истории исследования природы и приложения ее сил на службу человечеству» под общей редакцией Ганса Кремера. – Т. 3. – С.-Пб.: Т-во «Просвещение», 1904.

О $\frac{160500000-211}{318-2005}$ Без объявл.

ISBN 966-318-456-6

© Одесская астрономическая
обсерватория, 2005

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие (В.Г.Каретников)	4
Табель-календарь на 2006 год (Н.И.Кошкин)	5
Основные термины и обозначения (В.Г.Каретников)	6
Явления и события 2006 года (В.В.Михальчук)	7
Юлианские даты и их вычисление (И.Л.Андронов)	8
Гринвичская обсерватория – начало отсчета координат и времени на Земле (М.Ю.Волянская, О.Е.Мандель)	9

ОСНОВНЫЕ ТАБЛИЦЫ

Время и его определение. Эфемериды Солнца и Луны (В.В.Михальчук)	13
Начало и окончание сумерек (В.В.Михальчук)	40
Диаграмма видимости небесных тел (Н.И.Кошкин)	46
Затмения Солнца и Луны (В.В.Михальчук)	47
Покрытия звезд и планет Луной (В.В.Михальчук)	54
Планеты и их спутники (В.В.Михальчук)	57
Расчет эфемеридных моментов для других мест (В.В.Михальчук)	100
Эфемериды ярких астероидов (Н.И.Кошкин)	104
Тесные сближения астероидов с Землей (Н.И.Кошкин)	112
Периодические кометы в 2006 году (К.И.Чурюмов)	115
Метеорные потоки в 2006 году (Ю.М.Горбанев)	123
Переменные звезды (И.Л.Андронов, Л.Л.Чинарова)	130
Туманности, звездные скопления, галактики (А.В.Ющенко)	137

ПОПУЛЯРНЫЕ ОЧЕРКИ

Введение в морфологию галактик (Б.А.Мурников)	141
Атлас галактик (Б.А.Мурников)	147
Сверхскопления и ячеистая структура Вселенной (Ю.Н.Кудря)	149
Местная группа галактик (А.В.Ющенко)	157
Космические мазеры – радиомаяки Вселенной (Г.М.Рудницкий)	165
Гравитационные линзы (И.Л.Андронов)	179
Химическая эволюция Галактики (Т.В.Мишенина)	186
Звезды-гиганты (С.М.Андриевский)	191
Солнечная активность в конце фазы спада текущего 23 солнечного цикла (В.Н.Ишков)	195
Прогулка по звездному небу (В.А.Позигун)	210
Новости астрономии и космонавтики (М.И.Рябов)	216
Пятая Гамовская летняя астрономическая школа 2005 года (М.И.Рябов)	224
Третья Одесская областная конференция преподавателей астрономии (М.И.Рябов)	228
Астрофест–2005 (Л.С.Кудашкина, В.И.Марсакова, В.В.Михальчук) ..	230

ПРИЛОЖЕНИЯ

Названия и обозначения созвездий и небесных тел (М.Ю.Волянская) ..	234
Астрономические Интернет-ресурсы (И.Л.Андронов)	236
Для абитуриентов и любителей астрономии (М.И.Рябов)	239
В гостях у музы Урании (ред. О.Е.Мандель)	241
Астрономическая поэзия (Ю.С.Ефимов, Б.В.Комберг)	243
Вид звездного неба южного региона Украины	247
Карты звездного неба	248

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий выпуск «Одесского астрономического календаря» на 2006 год (ОАК-2006) является седьмым выпуском возрожденного одноименного издания, которое выпускалось Астрономической обсерваторией Новороссийского (ныне Одесского национального) университета в начале XX века под руководством заведующего кафедрой астрономии и директора обсерватории, доктора астрономии, профессора Александра Яковлевича Орлова (1880-1954), академика АН УССР, члена-корреспондента АН СССР, выдающегося ученого-астронома и организатора науки в Украине. Опыт издания календаря в предыдущие годы оказался удачным и показал необходимость продолжения его выпуска.

«Одесский астрономический календарь» (ОАК-2006) предназначен для удовлетворения интереса и запросов широкого круга читателей и любителей астрономии. Основная цель календаря состоит в обеспечении интересующегося проблемами астрономии читателя сведениями об астрономических явлениях 2006 года, видимых невооруженным глазом, либо с применением небольших оптических приборов. Он может в значительной степени компенсировать преподавателям астрономии нехватку учебников по астрономии для средних школ, гимназий, лицеев, а также колледжей и вузов. Особенно полезен он при проведении практических занятий по астрономии.

Материалы, содержащиеся в календаре, подготовлены сотрудниками НИИ «Астрономическая обсерватория» и членами кафедры астрономии Одесского национального университета им. И.И.Мечникова в содружестве с преподавателями и научными сотрудниками Одесской национальной морской академии (В.В.Михальчук) и Одесской радиоастрономической обсерватории Радиоастрономического института НАНУ (М.И.Рябов) по оригинальным программам, а также с использованием материалов, содержащихся в справочных изданиях. В разделе «Содержание» отмечены фамилии всех авторов данного календаря, подготовивших отдельные главы и содержащийся в нем справочный материал.

Коллектив редколлегии Одесского астрономического календаря «ОАК-2006» надеется, что данное издание найдет своего читателя и будет полезным для широкой публики. Редколлегия с благодарностью примет все замечания и предложения читателей и постарается их учесть в последующих выпусках календаря. Адрес для переписки таков:

*Украина, 65014, г.Одесса, парк им.Т.Г.Шевченко,
НИИ «Астрономическая обсерватория» при ОНУ,
редколлегии Одесского астрономического календаря.*

Редколлегия обращается к любителям астрономии и заинтересованным лицам оказать спонсорскую помощь, необходимую для продолжения и развития данного издания, дополнения его новыми сведениями из астрономических исследований и астрономического образования.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Астрономическая единица* (а.е.) – расстояние от Земли до Солнца ($149.6 \cdot 10^6$ км).
- Световой год* – расстояние, которое свет проходит за один год ($6,324 \cdot 10^4$ а.е.).
- Парсек* (пк) – расстояние в 3,262 светового года ($3,086 \cdot 10^7$ км).
- Зенит* (z) – точка на небесной сфере, расположенная над головой наблюдателя.
- Небесный экватор* – проекция на небесную сферу земного экватора.
- Небесный меридиан* – большой круг небесной сферы, плоскость которого проходит через отвесную линию и ось мира.
- Эклиптика* – большой круг на небесной сфере, вдоль которого движется Солнце.
- Созвездия* – участки звездного неба, которым присвоены собственные имена.
- Зодиак* – 12 созвездий, через которые проходят Солнце и планеты.
- Равноденствие* – момент пересечения Солнцем небесного экватора (весеннее – 20-21 марта, осеннее – 22-23 сентября).
- Солнцестояние* – время нахождения Солнца в наибольшем удалении от небесного экватора (летнее – 21-22 июня, зимнее – 21-22 декабря).
- Апогей* – наиболее удаленная точка орбиты тела, движущегося вокруг Земли.
- Афелий* – наиболее удаленная точка орбиты тела, движущегося вокруг Солнца.
- Перигей* – ближайшая к Земле точка орбиты тела, движущегося вокруг нее.
- Перигелий* – ближайшая к Солнцу точка орбиты тела, движущегося вокруг него.
- Узел* – точка пересечения орбиты небесного тела с эклипстикой.
- Элонгация (E)* – угловое удаление планеты от Солнца (к востоку, к западу).
- Квадратура* – положение двух небесных тел при элонгации 90° .
- Противостояние* – положение небесного тела при элонгации 180° .
- Соединение* – положение небесного тела при элонгации 0° (различают нижнее и верхнее).
- Кульминация* – прохождение небесного светила через небесный меридиан.
- Эфемериды* – расчетное указание времени и места нахождения небесного тела.
- Возраст Луны* (ВЛ) – возраст Луны в сутках, отсчитываемый от новолуния.
- Фаза Луны* – величина освещенной части диска (в новолуние 0.0, в полнолуние 1.0).
- T_0 – всемирное время (местное солнечное время на нулевом меридиане в Гринвиче).
- T_n – поясное время (в Украине $T_n = T_0 + 2$ часа), T_a – летнее время ($T_a = T_0 + 3$ часа).
- t_n – поясное время восходов (t_n), кульминаций (t_k), заходов (t_z) небесных тел.
- τ – продолжительность видимости небесного тела в часовой мере.
- η – уравнение времени, связывающее истинное и среднее солнечное время.
- J.D. – юлианская дата – число суток, прошедших с полудня 01.01.4713 г. до н.э.
- S – местное звездное время (рассчитывается на долготу наблюдателя).
- S_0 – звездное время в нулевом меридиане (в Гринвиче) в $T_0 = 0$ часов.
- λ – географическая долгота места наблюдений ($\lambda_0 = 30.7^\circ$ для Одессы).
- φ – географическая широта места наблюдений ($\varphi_0 = +46.5^\circ$ для Одессы).
- h – высота светила над горизонтом в градусах.
- α – прямое восхождение в экваториальной системе координат в часовой мере.
- δ – склонение небесного тела в той же системе координат в градусной мере.
- d – наблюдаемый с Земли угловой диаметр небесного тела.
- r – расстояние небесного тела от Солнца (гелиоцентрическое расстояние в а.е.).
- Δ – расстояние небесного тела от Земли (геоцентрическое расстояние в а.е.).
- β – фазовый угол между направлениями с небесного тела на Солнце и Землю.
- σ – угловое расстояние между центрами Луны и тени при ее затмениях.
- ρ – позиционный угол на диске Луны или Солнца в градусах.
- m – блеск небесного тела в звездных величинах (U, B, V – в системе UBV).
- Sp – спектральный тип небесного тела (обычно относится к звездам).
- v – скорость движения небесного тела.

ЯВЛЕНИЯ И СОБЫТИЯ 2006 ГОДА

**Тропический год 2006.0 начинается 0 января 2005 года в 13ч39м
(в 11ч39м по всемирному времени T_0)**

Моменты всех явлений в данном выпуске календаря приведены в киевском (поясном и летнем) времени, действующем на территории Украины. При применении иного времени дано соответствующее указание. Летнее время вводится 26 марта и отменяется 29 октября 2006 года. Киевское время $T_{\text{Киев}}$ отличается от московского $T_{\text{Москва}}$ на 1 час и связано с ним следующим образом: $T_{\text{Киев}} = T_{\text{Москва}} - 1$, $T_{\text{Москва}} = T_{\text{Киев}} + 1$.

Начало астрономических сезонов года

Весна	Лето	Осень	Зима
20 марта	21 июня	23 сентября	21 декабря
20ч26м	15ч27м	7ч03м	2ч21м

Земля в перигелии – 4 января в 16ч07м, в афелии – 3 июля в 23ч54м

Для середины года (2006.5):

Средний угол наклона эклиптики к экватору $\varepsilon = 23^\circ 26' 18''$

Средняя долгота восходящего узла орбиты

$\Omega = 359.4^\circ$

Луны на эклиптике

Астрономические явления 2006 года

РЕДКИЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ:

8-9 ноября – прохождение Меркурия по диску Солнца, не видно в Украине.

СОЛНЕЧНЫЕ И ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ:

14-15 марта – полное полутеневое лунное затмение, **видно в Украине.**

29 марта – полное солнечное затмение, частные фазы **видны в Украине.**

7-8 сентября – частное теневое лунное затмение, **видно в Украине.**

22 сентября – кольцеобразное солнечное затмение, не видно в Украине.

СОЕДИНЕНИЯ ЯРКИХ ПЛАНЕТ:

18 июня – Марс-Сатурн, **21 августа** – Меркурий-Сатурн, **27 августа** – Венера-Сатурн, **9 декабря** – Меркурий-Марс, **10 декабря** – Меркурий-Юпитер, **12 декабря** – Марс-Юпитер.

ПОЯВЛЕНИЕ КОМЕТ:

В 2006 году ожидаются яркие кометы: комета Макнота (C/2005 E2) и комета 73P/Швассмана-Вахмана. Состоится прохождение через перигелий 20 ранее открытых короткопериодических комет, 1 новой долгопериодической, 4 почти параболических, 2 гиперболических комет и 4 утерянных короткопериодических комет.

МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ:

1-5 января – Квадрантиды (максимум 4.01). **16-25 апреля** – Лириды (максимум 22.04). **19 апреля-28 мая** – η -Аквариды (максимум 5.05). **12 июля-19 августа** – Южные δ -Аквариды (максимум 27.07). **15 июля-24 августа** – Персеиды (максимум 12.08). **2 октября-7 ноября** – Ориониды (максимум 21.10). **14-21 ноября** – Леониды (максимум 17.11). **7-17 декабря** – Геминиды (максимум 13.12).

ЮЛИАНСКИЕ ДАТЫ И ИХ ВЫЧИСЛЕНИЕ

Юлианские даты (J.D.-2400000) на нулевое число каждого года

Годы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1900	15020	15385	15750	16115	16480	16846	17211	17576	17941	18307
1910	18672	19037	19402	19768	20133	20498	20863	21229	21594	21959
1920	22324	22690	23055	23420	23785	24151	24516	24881	25246	25612
1930	25977	26342	26707	27073	27438	27803	28168	28534	28899	29264
1940	29629	29995	30360	30725	31090	31456	31821	32186	32551	32917
1950	33282	33647	34012	34378	34743	35108	35473	35839	36204	36569
1960	36934	37300	37665	38030	38395	38761	39126	39491	39856	40222
1970	40587	40952	41317	41683	42048	42413	42778	43144	43509	43874
1980	44239	44605	44970	45335	45700	46066	46431	46796	47161	47527
1990	47892	48257	48622	48988	49353	49718	50083	50449	50814	51179
2000	51544	51910	52275	52640	53005	53371	53736	54101	54466	54832
2010	55197	55562	55927	56293	56658	57023	57388	57754	58119	58484
2020	58849	59215	59580	59945	60310	60676	61041	61406	61771	62137
2030	62502	62867	63232	63598	63963	64328	64693	65059	65424	65789
2040	66154	66520	66885	67250	67615	67981	68346	68711	69076	69442
2050	69807	70172	70537	70903	71268	71633	71998	72364	72729	73094
2060	73459	73825	74190	74555	74920	75286	75651	76016	76381	76747
2070	77112	77477	77842	78208	78573	78938	79303	79669	80034	80399
2080	80764	81130	81495	81860	82225	82591	82956	83321	83686	84052
2090	84417	84782	85147	85513	85878	86243	86608	86974	87339	87704

Количество дней между 0 числом года и каждого месяца

	янв.	фев.	мар.	апр.	май	июн.	июл.	авг.	сен.	окт.	ноя.	дек.
обычн.	0	31	59	90	120	151	181	212	243	273	304	334
висок.	0	31	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335

(для високосных лет после февраля необходимо добавить единицу)

Пользуясь этими таблицами, рассчитаем юлианскую дату J.D. для 29 июня 1963 года: $J.D.=2400000+38030+151+29=2438210$, то есть в таблице нашли строку десятилетия, затем столбец, соответствующий последней цифре года, затем по второй таблице – число дней между нулевым числом года и нулевым числом месяца, а затем – число в месяце. Эта целая часть J.D. действительна от 15 часов (летнее время) 29 июня до 15 часов 30 июня.

Дробная часть вычисляется как доля суток, прошедшая после гринвичского полудня. Например, 22 часа 36 минут 15 секунд зимнего времени (которое на 1 час меньше летнего, то есть вместо 15 часов берем 14) соответствуют дробной части J.D. $(22-14+(36+15/60)/60)/24=0.35851$. Продолжительность суток равна $24-60=86400$ секунд. **Например, 0 часов 0 минут 0 секунд 1 января 2006 года соответствует J.D. 2453736.41667 (целая часть, соответствующая предыдущей дате, поскольку время до гринвичского полудня).**

ГРИНВИЧСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ – НАЧАЛО ОТСЧЕТА КООРДИНАТ И ВРЕМЕНИ НА ЗЕМЛЕ

Как уже отмечалось неоднократно в предыдущих выпусках календаря, проблема измерения и хранения точного времени среди прочего тесно связана с задачами мореплавания, навигации. В особенности это касается вопроса определения географической долготы.

С юных лет, отыскивая какой-либо пункт на географической карте или местоположение корабля по географическим координатам, мы привычно произносим слова «северной (южной) широты» и «восточной (западной) долготы», часто даже не задумываясь о нуль-пункте отсчета. И если вопрос о широте был решен довольно давно естественным образом – широты отсчитываются от экватора, то положение нулевого меридиана на международном уровне было согласовано не так уж давно. С 1884 года, согласно решению Международной меридианной конференции, в качестве начального был принят меридиан, проходящий через Гринвичскую обсерваторию, отметившую в 2005 году свое 330-летие. 4 марта 1675 года король Англии Карл II издал указ о строительстве королевской обсерватории и назначении Джона Флемстида королевским астрономом с годовым жалованьем 100 фунтов стерлингов. Как писалось в указе, обсерватория создавалась для обеспечения нужд флота и исследований в области астрономии. Разумеется, главным предназначением нового учреждения являлось способствование утверждению морского могущества Англии в противовес таким державам, как Португалия и Испания. 10 августа 1675 года Флемстид заложил на вершине холма в Гринвич Парке – тогдашнем предместье Лондона – краеугольный камень здания обсерватории. А проектировал и строил здание знаменитый английский архитектор Кристофер Рен.

К тому времени определение долготы места корабля в море осуществлялось путем измерения конфигураций (расположений друг относительно друга) небесных светил, числовые данные для которых публиковались в специальных астрономических таблицах. Так, измеряя угловые расстояния между Луной и некоторыми фиксированными звездами, можно было, входя с их величинами в таблицы, найти соответствующее им время на меридиане, принятом в качестве начального, и по разности местного времени и соответствующего времени на начальном меридиане определить долготу. Это так называемый метод «лунных расстояний». Первой задачей обсерватории, получившей название Гринвичской Королевской Обсерватории, и были наблюдения Луны и звезд с целью обеспечения и усовершенствования метода «лунных расстояний», результатом чего явился составленный Флемстидом первый из современных звездных каталогов, содержащий сведения о точных положениях 2935 звезд. С началом издания в 1767 году основанного пятым директором обсерватории Невиллом Маскелайном ежегодника *Nautical Almanac*, где публиковались лунные расстояния для большой группы звезд, метод «лунных расстояний» получил широкие возможности для использования на практике. Указанный метод для достижения необходимой точности требовал весьма трудоемких наблюде-

ний и не менее трудоемких и громоздких вычислений. Гораздо более простым выглядит метод «транспортировки времени», заключающийся по сути в том, что часы, поставленные по местному времени меридиана, принятого за нулевой, перевозят в заданное место и там сравнивают их показания с местным временем, которое определяется из астрономических наблюдений. Однако этот метод требует наличия часов с высокой точностью хода. Неоспоримы заслуги Гринвичской обсерватории в стимулировании работ по созданию таких часов, работ, завершившихся изобретением хронометра, о чем рассказывалось в ОАК 2005, стр. 210. Многие часовых дел мастера считали честью для себя посылать свои усовершенствованные часы и хронометры в Гринвичскую обсерваторию для испытаний. В результате обсерватория, создававшаяся для усовершенствования метода «лунных расстояний» и много сделавшая для утверждения его, в конечном счете, способствовала и отмиранию этого метода. С внедрением хронометров в морскую и вообще экспедиционную практику проблема определения долгот перестала существовать, а с появлением возможности передачи сигналов времени нулевого меридиана по телеграфу, а затем по радио точность определения долготы достигла нескольких метров на поверхности Земли. Современные же спутниковые программы и устройства, например, приемник системы GPS размером с наручные часы, позволяют определить географические координаты любого пункта на Земле независимо от погодных условий с точностью, в сотни раз превышающей, ту, что достигается при использовании лучших хронометров.

Заслуженный международный авторитет Гринвичской обсерватории и привел к упомянутому выше решению о проведении начального меридиана через эту обсерваторию. С тех пор все долготы считают «от Гринвича», на всех географических картах долготы указаны от Гринвича, счет времени привязывают также к Гринвичу. До этого многие государства проводили начальный меридиан через свою территорию, что приводило к неудобствам и путанице. Это нашло отражение и в художественной литературе, например, в романе Артуро Переса-Риверте «Карта небесной сферы, или Тайный меридиан». Вот цитата из этого романа: « – В 1767 году в Испании не Гринвич считался нулевым меридианом. – Конечно, нет. Сначала это был меридиан острова Ферро, но каждая страна принимала свой меридиан для отчета. Насчет Гринвича согласие было достигнуто только в 1884 году. Поэтому в атласе Уррутии, отпечатанном в 1751-м, отмечены четыре разных нулевых меридиана – Париж, Тенерифе, Кадис и Картагена».

Гринвичский меридиан определяют как линию, проходящую через северный и южный полюсы и в Гринвиче через крест нитей окуляра меридианного круга Эри, специального инструмента, разработанного и построенного седьмым королевским астрономом Джорджем Бидделлом Эри в 1850 году. На земле гринвичский меридиан представлен металлической полосой, идущей через двор обсерватории. Здесь официально начинаются каждые новые сутки, год, тысячелетие с момента полночи по всемирному координированному времени (UTC). С 1833 года над одной из башен обсерватории установлен ярко-красный шар, хорошо видимый с Тем-

зы. Ежедневно точно в час пополудни этот шар падает на несколько футов, предоставляя проплывающим по реке судам возможность установить свои часы по гринвичскому среднему времени.

Решение проблемы определения долгот не привело к снижению активности Гринвичской обсерватории. Наши современные знания о движении Луны и планет, о собственных движениях звезд во многом опираются на измерения, проведенные много-много лет назад гринвичскими астрономами. Назначенный после смерти Флемстида на пост директора и королевского астронома Эдмунд Галлей является первооткрывателем собственных движений звезд (1718 год), им установлена не подозревавшаяся до того периодичность некоторых комет, в том числе знаменитой кометы Галлея, названной в его честь. Галлей составил в результате трехлетних наблюдений на острове Святой Елены каталог 341 звезды южного полушария, поместив в нем звезды до шестой звездной величины. Он также установил космическое происхождение метеоров, связь полярных сияний с земным магнетизмом. Им был издан каталог Птолемея и на свои собственные сбережения опубликован выдающийся труд Исаака Ньютона «Математические начала натуральной философии». Третий директор обсерватории и королевский астроном Джеймс Брайли прославился открытием, благодаря своему высокому мастерству наблюдателя, явлений годичной аберрации света и нутации оси вращения Земли. Брайли также известен тем, что во время посещения обсерватории королевой Анной, которая была поражена ничтожностью выплачиваемого королевскому астроному жалования и тут же пообещала его увеличить, просил королеву не делать этого, ибо «когда это место станет приносить доход, вряд ли на него станут назначать астрономов». Вообще, во главе Гринвичской обсерватории и среди ее сотрудников было много выдающихся людей. Так, в 1906 -1913 годах в обсерватории в должности ассистента работал Артур Стэнли Эддингтон – выдающийся английский физик и астроном. Отличаясь глубоким проникновением в физическую сущность явлений и в совершенстве владея математическими методами, Эддингтон сумел получить основополагающие результаты в таких областях астрофизики, как внутреннее строение звезд, перенос лучистой энергии в их атмосферах, звездные пульсации, состояние межзвездного вещества, движение и распределение звезд в Галактике, соотношение масса – светимость для звезд, осуществил, наблюдая полное затмение Солнца в 1919 году, первую экспериментальную проверку эффекта отклонения луча света вблизи массивного тела, что следует из общей теории относительности Эйнштейна. Большие заслуги имеет Гринвичская обсерватория в подготовке материалов для создания фундаментальных звездных каталогов положений, создании первого международного фотометрического стандарта «Северный полярный ряд», издании атласов и карт звездного неба, в том числе фотографическим путем, как например, карты Франклина-Адамса, используемые астрономами всего мира.

В настоящее время королевским астрономом является Мартин Рис – известный астрофизик и космолог из Кембриджского университета. В 50-е годы прошлого столетия знаменитый лондонский смог, все увели-

чивающаяся засветка ночного неба огнями города вынудили астрономов переместить наблюдения в сельскую местность с чистым небом, а именно в замок Херстмонсо в графстве Сассекс в 80 км на юго-восток от Лондона. Но и этого оказалось недостаточно, и ныне британские астрономы переносят свои исследования в места более отдаленные, с более темным небом, такие как Канарские острова в Атлантике и вершина Мауна-Кеа на Гавайских островах в Тихом океане. Хотя ныне стандарты времени обеспечиваются атомными часами, наблюдения положений звезд не потеряли своего значения, например с целью мониторинга скорости вращения Земли вокруг оси. Что касается исторических зданий Гринвичской обсерватории, то к настоящему времени все они отреставрированы и открыты для широкой публики. Экскурсии на место, откуда отсчитывают координаты и время на Земле, пользуются огромной популярностью, в год обсерваторию посещают сотни тысяч туристов, и этот поток с каждым годом возрастает. В зданиях обсерватории размещены более 7000 различного рода научных инструментов и приборов, в том числе большое количество различного рода часов. Исторические здания обсерватории сейчас являются составной частью Национального морского музея, тем самым подчеркиваются морские корни обсерватории, ее богатая и долгая история. В планах учреждения расширение научно-учебного центра, строительство на территории старинной обсерватории нового здания планетария уникальной конструкции на 120 мест (действующий планетарий помещает всего 40 зрителей). Администрации музея удалось путем привлечения средств от частных и общественных источников увеличить к настоящему времени финансирование с 1 миллиона фунтов стерлингов до 14 миллионов. Здание нового планетария имеет форму усеченного конуса с нижним основанием, ориентированным по линии север – юг параллельно начальному меридиану. Северная стена вертикальна, указывая направление на зенит, южная стена наклонена под углом, равным широте Гринвича, и указывает направление на северный полюс мира. Верхняя часть конуса – в виде наклонной плоскости, параллельной плоскости экватора. Внутри здания будет размещен аппарат планетарий, проектирующий на искусственное небо изображения звезд, планет и других небесных тел. Строительство предполагается завершить в начале 2007 года. Считается, что с успешным завершением проекта возрождения одной из старейших обсерваторий Европы (в современном понимании этого слова) в новом качестве, который получил название «Время и пространство», существенно возрастет поток туристов, в том числе групп любителей астрономии. Все это дает основания надеяться, что и в 21 столетии Гринвичская обсерватория, неся в широкие массы свет научного знания, сохранит вековые традиции высокого качества и эффективности своей работы.

ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ

В данном выпуске «Одесского Астрономического Календаря» (ОАК) мы продолжаем публиковать карты окрестностей ярких переменных звезд, доступных для наблюдений в бинокль или небольшой телескоп. Звезды сравнения взяты из книги: В.П.Цесевич. Переменные звезды и их наблюдение. М., Наука, 1980. Карты подготовлены на компьютере с использованием современных баз данных о блеске звезд. Относительно больший размер отображаемых полей облегчит поиск переменных звезд. Результаты визуальных наблюдений любителей публикуют в международных базах данных Американской (AAVSO, Интернет-адрес <http://www.aavso.org>) и Французской (AFOEV, <http://cdsarc.u-strasbg.fr/avoev>) ассоциаций наблюдателей переменных звезд. В Украине работает Украинская ассоциация наблюдателей переменных звезд (УАНПЗ=UAVSO, со-председатели И.Андронов, А.Баранский, Л.Кудашкина, e-mail: uavso@pochta.ru), на Интернет-сайте которой (<http://uavso.pochta.ru>) можно найти информацию по наблюдениям переменных звезд, о работе Украинского общества любителей астрономии (УОЛА), а также ссылки на другие интересные астрономические ресурсы. Наиболее интересные результаты отечественных любителей публикуются во всеукраинском научно-популярном журнале «Наше Небо» (главный редактор К.И.Чурюмов), а также в других популярных и иногда профессиональных журналах.

Инструкцию по наблюдениям переменных звезд и тренажер для обучения можно найти в ОАК-2000, ОАК-2003, методическом пособии «Указания к проведению практических работ по астрономии в старших классах» (авторы В.И.Марсакова, Л.С.Кудашкина, И.Л.Андронов, А.В.Голубаев, Л.Л.Чинарова.- Одесса, 2005), на Интернет-сайте <http://uavso.pochta.ru> и др.

У Цефея – затменная двойная система типа Алголя. Согласно Общему каталогу переменных звезд (ОКПЗ, редактор Н.Н.Самусь), пределы изменения блеска $6.75-9.24^m$, а моменты затмения могут быть рассчитаны по эфемериде

$$\text{HJD}=2444541.6031+2.4940475\text{E},$$

где HJD – гелиоцентрическая Юлианская дата (см. подробнее в этом выпуске ОАК), а E – целый номер цикла. Впрочем, более точная эфемерида $\text{HJD}=2407890.3346 + 2.4928551\text{E} + 5.15 \cdot 10^{-9}\text{E}^2$ содержит положительный квадратичный член, что свидетельствует о том, что орбитальный период P постепенно увеличивается (на $0.13 \text{ секунд}=6 \cdot 10^{-7}\text{P}$ в год). Такое увеличение периода заметно при наблюдениях на протяжении десятилетий, и требует продолжения исследований этого интересного объекта.

Полная продолжительность затмения в У Цефея составляет 15% от орбитального периода, т.е. 9 часов. Падение потока излучения на 2.5 звездной величины, т.е. в 20 раз, связано с затмением горячей звезды спектрального класса В7 большим по размерам, но более холодной (спектральный класс G8) спутником-гигантом. Во вторичном минимуме блеск равен 6.93^m . По глубинам затмений можно определить, что поверхностная яркость холодной звезды в 5.9 раза меньше, чем горячей.

Форма кривой блеска и глубины затмения могут меняться со временем, что делает систему еще более интересной. Блеск спутника споради-

чески меняется, причем поярчания сопровождаются выбросом вещества. Газовый поток, движущийся к горячему компоненту, отклоняется от линии центров за счет силы Кориолиса, и образует аккреционный диск.

Физическим механизмом, приводящим к увеличению периода, является перетекание вещества со звезды-спутника на более массивный компонент меньшего размера, и закон сохранения момента импульса. Кроме этого, у подобных звезд может наблюдаться периодическое слагаемое, связанное с движением тесной двойной системы вокруг центра масс тройной системы, если присутствует третья звезда. А при вытянутости орбиты возможно и так называемое «апсидальное движение», т.е. поворот эллиптической орбиты в направлении вращения за десятки и сотни лет. Изменения периодов сотен систем исследованы в «Атласе О-С диаграмм затменных двойных звезд» (авторы Й.Крейнер (Польша), Ч.Х.Ким и И.С.Нха (Южная Корея)).

Визуальные звездные величины для звезд сравнения U Цефея: $a=6.38$, $b=6.73$, $c=7.20$, $d=7.80$, $e=8.41$, $f=9.12$, $g=9.54$, $h=10.16$.

Рекомендуемый режим наблюдения: оценки блеска каждые 10-30 минут в течение нескольких часов до и после минимума с регистрацией времени с точностью до минуты. Определение момента минимума методом Погсона (см. цитированную книгу В.П.Цесевича).

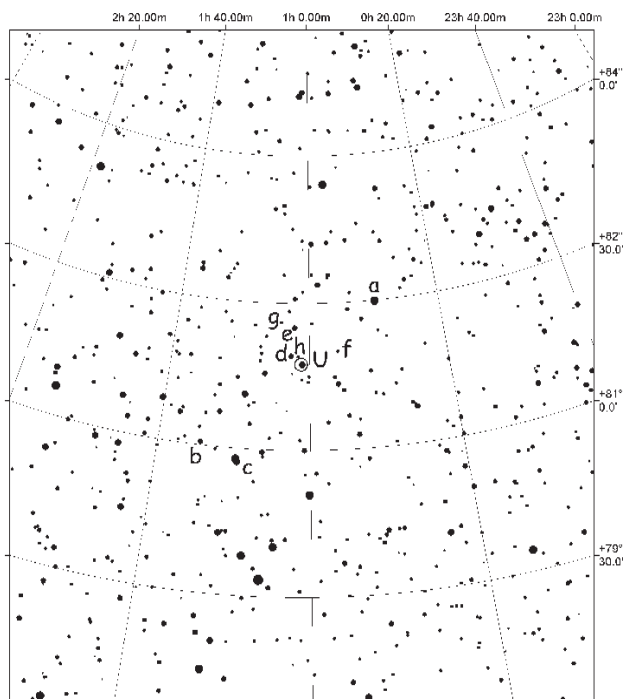


Рис.1. Карта окрестностей U Цефея

Долгопериодические пульсирующие переменные звезды

В этом выпуске ОАК мы предлагаем три звезды – AF Лебеда, W Лебеда и UU Возничего, которые относятся к типу SRb (полуправильные). Как видно по кривым блеска за последние десятилетия, построенным по визуальным наблюдениям членов Французской ассоциации наблюдателей переменных звезд

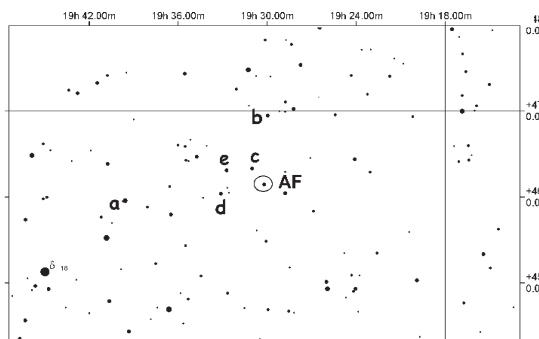


Рис. 2. Карта окрестностей AF Лебеда

(AFOEV), в них присутствуют существенные изменения формы пульсационной кривой, а также очень интересное явление переключения периода пульсаций между двумя значениями, часто отличающимися в отношении 7:4. Результаты исследования 173 полуправильных переменных звезд приведены в статье И.Л.Андропова и Л.Л.Чинаровой (Odessa Astronomical Publications, 2000, т.13, с. 116-176), доступной по Интернет-адресу http://il-a.pochta.ru/oar13_116_text.ps.z. Обзор физических процессов, происходящих в этих и родственных объектах, опубликован на русском языке в статье: Л.С.Ку-

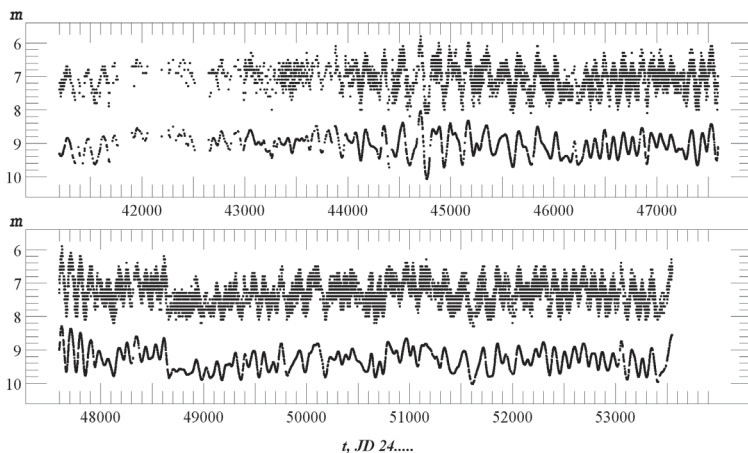


Рис. 3. Кривая блеска AF Лебеда по наблюдениям членов AFOEV. Со сдвигом нарисована сглаживающая кривая, рассчитанная методом «скользящих парабол»

дашкина, «Долгопериодические переменные звезды»//Кинематика и физика небесных тел, 2003, 19, 3, 193-233. Для уменьшения разброса наблюдений, данные были сглажены методом «скользящих парабол» (И.Л.Андронов, Фотографические и визуальные наблюдения переменных звезд, Одесса, 1991, 84 с.)

Рекомендуемый режим наблюдения: оценки блеска каждую ясную ночь для исследования переменности формы кривой блеска и переключения периода пульсаций.

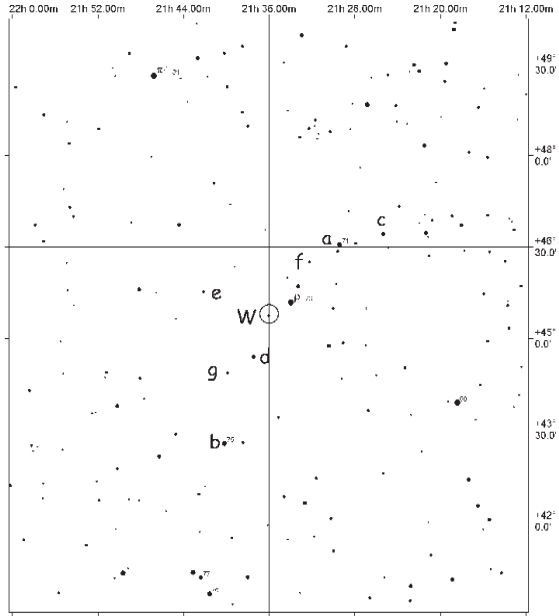


Рис. 4. Карта окрестностей W Лебеда

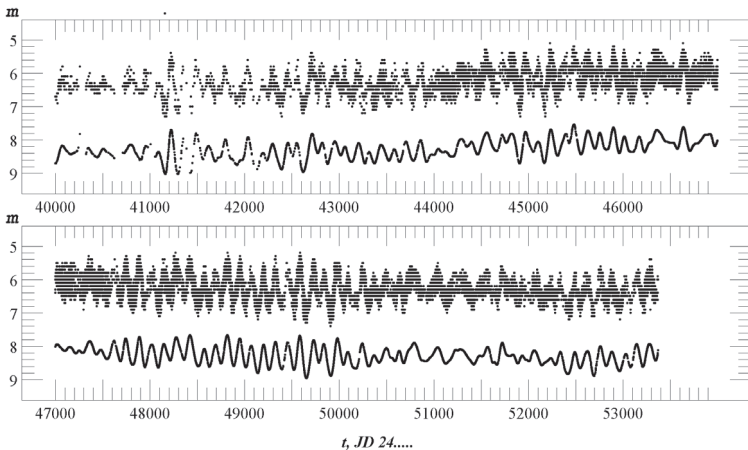


Рис. 5. Кривая блеска W Лебеда по наблюдениям членов AFOEV. Со сдвигом нарисована сглаживающая кривая, рассчитанная методом «скользящих парабол»

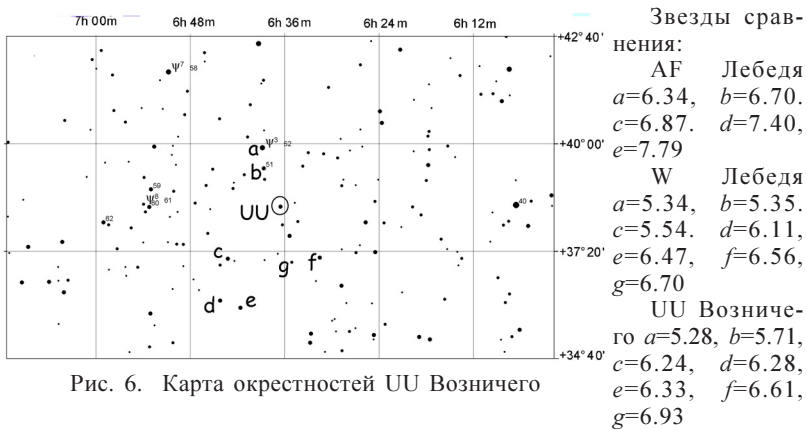


Рис. 6. Карта окрестностей UU Возничего

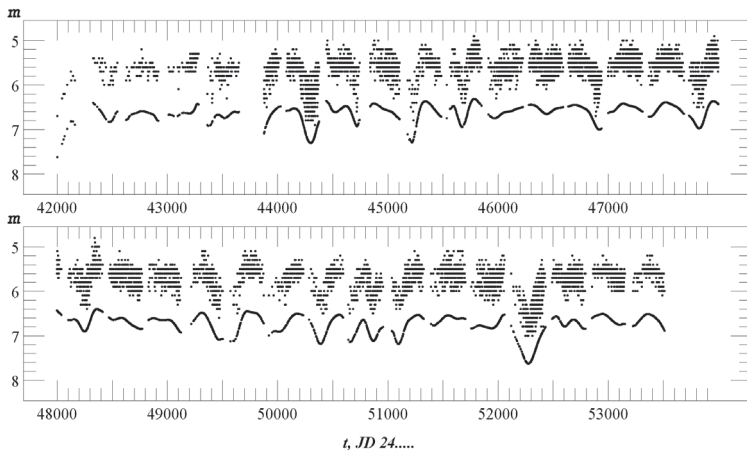


Рис. 7. Кривая блеска UU Возничего по наблюдениям членов АФОЕВ. Со сдвигом нарисована сглаживающая кривая, рассчитанная методом «скользящих парабол».

Таблицы наблюдений (юлианская дата, звездная величина) присылайте в УАНПЗ по e-mail: uavso@pochta.ru.

Сведения о переменных звездах разных типов

Звезда	α (2000.0)	δ	Max	Min	T	P	A	
Переменные звезды типа δ Cep								
V 440	Per	2 ^h 23 ^m 51 ^s	+55 ^o 22 ['] 0	6 ^m .18	6 ^m .32	44869 ^d .94	7 ^d .570	50
SU	Cas	2 51 57	+68 53.4	5.70	6.18	38000.598	1.949319	40
SZ	Tau	4 37 15	+18 32.7	6.33	6.75	34628.57	3.14873	45
FM	Aql	19 9 16	+10 33.1	7.89	8.66	35151.723	6.11423	30
FN	Aql	19 12 47	+ 3 33.4	7.96	8.75	36804.603	9.48151	49
V 473	Lyr	19 15 59	+27 55.5	5.99	6.35	39320.686	1.49078	50
U	Aql	19 29 21	- 7 2.7	6.08	6.86	34922.31	7.02393	30
η	Aql	19 52 28	+ 1 0.3	3.48	4.39	36084.656	7.176641	32
S	Sge	19 56 1	+16 38.0	5.24	6.04	42678.792	8.382086	31
X	Cyg	20 43 24	+35 35.2	5.85	6.91	43830.387	16.38633	35
T	Vul	20 51 28	+28 15.0	5.41	6.09	41705.121	4.435462	32
δ	Cep	22 29 10	+58 24.9	3.48	4.37	36075.445	5.366341	25
Переменные звезды типа δ Sct								
V 474	Mon	5 59 1	- 9 22.9	5.93	6.36	41661.1668	0.136126	
VZ	Cnc	8 40 53	+ 9 49.6	7.18	7.91	39897.4246	0.178364	26
Затменные переменные звезды типа E								
ζ	Tau	5 37 39	+21 8.7	2.88	3.17	44936.781	132.9735	
V1046	Ori	5 35 22	- 4 29.5	6.54	6.58	43495.091	0.94629	
UZ	Lyn	6 19 38	+59 0.8	4.43	4.73			
V 373	Cas	23 55 33	+57 24.7	5.9	6.3	36491 ^d .237	13 ^d .4192	
Подгруппа EA								
YZ	Cas	0 45 37	+74 59.3	5.71	6.12	28733.4218	4.467224	15
U	Cep	1 2 12	+81 52.6	6.75	9.24	44541.6031	2.4930475	15
V 436	Per	1 51 58	+55 8.9	5.49	5.85	43562.853	25.9359	01
RR	Ari	1 55 51	+23 34.7	6.42	6.84	36493.2	47.9	08
τ	Per	2 54 15	+52 45.8	3.94	4.07			
γ	Per	3 4 47	+53 30.5	3.63	0.55)			
β	Per	3 8 10	+40 57.4	2.12	3.39	45641.5135	2.8673043	14
λ	Tau	4 0 41	+12 29.5	3.37	3.91	21506.8506	3.9529478	15
HU	Tau	4 38 16	+20 41.2	5.85	6.68	41275.3219	2.0562997	15
ϵ	Aur	5 1 58	+43 49.5	2.92	3.83	35629.	9892.	08
ζ	Aur	5 ^h 2 ^m 28 ^s	+41 ^o 4 ['] 7	3 ^m .70	3 ^m .97	27692 ^d .825	972 ^d .160	04
AR	Aur	5 18 19	+33 46.2	6.15	6.82	38402.1832	4.134695	07
η	Ori	5 24 29	- 2 23.7	3.31	3.60	15761.826	7.989268	
VV	Ori	5 33 31	- 1 9.3	5.31	5.66	40890.5158	1.4853784	20
RR	Lyn	6 26 26	+56 17.2	5.52	6.03	33153.8623	9.945079	04
VWV	Aur	6 32 27	+32 27.4	5.79	6.54	32945.5393	2.52501922	10
TX	UMa	10 45 21	+45 34.0	7.06	8.80	44998.1475	3.0632382	12
DN	UMa	11 55 6	+46 28.6	6.63	6.73	43936.4814	1.730418	10
HY	Vir	13 8 30	- 2 40.8	7.81	8.10			
RS	CVn	13 10 37	+35 56.1	7.93	9.14	22811.6995	4.7978870	11
δ	Lib	15 0 58	- 8 31.2	4.91	5.90	42960.6994	2.3273543	23
U	CrB	15 18 11	+31 38.8	7.66	8.79	16747.9718	3.45220133	14
U	Oph	17 16 32	+ 1 12.6	5.84	6.56	44416.3864	1.67734617	16
u	Her	17 17 20	+33 5.9	4.69	5.37	5830.0326	2.0510270	28
RS	Vul	19 17 40	+22 26.4	6.79	7.83	32808.257	4.4776635	14
U	Sge	19 18 48	+19 36.5	6.45	9.28	17130.4114	3.38061933	17
V1143	Cyg	19 38 41	+54 58.3	5.85	6.37	42212.7651	7.6407613	02
S	Equ	20 57 13	+ 5 4.8	8.0	10.08	42596.7434	3.4360969	13

Звезда		α (2000.0)	δ	Max	Min	T	P	A
EE	Peg	21 40 2	+ 9 11.0	6.93	7.51	45563.8916	2.62821423	09
VV	Cep	21 56 39	+63 37.5	4.80	5.36	43360.	7430.	08
AR	Lac	22 8 41	+45 44.5	6.08	6.77	41593.7123	1.98319204	15
Подгруппа EB								
TU	Cam	5 54 58	+59 53.5	5.12	5.29	38051.375	2.933241	
FO	Vir	13 29 47	+ 1 5.8	6.50	6.82	45441.7110	0.775567	
β	Lyr	18 50 5	+33 21.7	3.25	4.36	08247.950	12.913834	
V 822	Her	18 52 2	+13 57.8	6.12	6.30			
σ	Aql	19 39 12	+ 5 23.8	5.14	0.2)	22486.797	1.95026	
V 1765	Cyg	19 48 51	+33 26.2			6.44	0.16)	
V 367	Cyg	20 47 59	+39 17.2	6.67	7.60	37390.855	18.59773	
KS	Peg	23 37 57	+18 24.0	5.37	0.12)			
Подгруппа EW								
W	UMa	9 43 46	+55 57.2	7.75	8.48	45765.7385	0.33363749	
i	Boo	15 3 49	+47 39.2	5.8	6.40	39852.4903	0.2678159	
VVW	Cep	20 37 19	+75 35.6	7.23	7.68	44157.4131	0.27831460	
Долгопериодические переменные звезды типа M								
R	And	0 24 2	+38 34.7	5.8	14.9	43135.	409.33	38
W	And	2 17 32	+44 18.4	6.7	14.6	43504.	395.93	42
o	Cet	2 19 20	- 2 58 39	2.0	10.1	44839.	331.96	38
R	Tri	2 37 2	+34 16.0	5.4	12.6	45215.	266.9	44
R	Aur	5 17 18	+53 35.3	6.7	13.9	44004.	457.51	51
U	Ori	5 55 49	+20 10.6	4.8	13.0	45254.	368.3	38
V	Mon	6 22 44	- 2 11.6	6.0	13.9	44972.	340.5	46
R	Gem	7 7 22	+22 42.3	6.0	14.0	43325.	369.91	36
S	CMi	7 32 43	+ 8 19.2	6.6	13.2	43911.	332.94	49
R	Cnc	8 16 34	+11 43.7	6.07	11.8	44231.	361.60	47
T	Hya	8 55 40	- 9 8.4	6.7	13.48	41975.	298.7	49
Y	Dra	9 42 28	+77 51.3	6.24	15.0	44448.	325.79	45
R	LMi	9 45 35	+34 30.8	6.3	13.2	45094.	372.19	41
R	Leo	9 47 34	+11 25.8	4.4	11.3	44164.	309.95	43
R	UMa	10 44 40	+68 46.6	6.5	13.7	45593.	301.62	39
T	UMa	12 36 24	+59 29.2	6.6	13.5	45623.	256.60	41
R	Vir	12 38 30	+ 6 59.3	6.1	12.1	45872.	145.63	50
S	Vir	13 33 0	- 7 11.7	6.3	13.2	45046.	375.10	45
R	CVn	13 48 57	+39 32.5	6.5	12.9	43586.	328.53	46
R	Boo	14 37 12	+26 44.1	6.2	13.1	44518.	223.40	46
S	CrB	15 21 24	+31 22.0	5.8	14.1	44604.	360.26	35
R	Ser	15 50 42	+15 8.0	5.16	14.4	45521.	356.41	41
RU	Her	16 10 15	+25 4.2	6.8	14.3	44899.	484.83	43
U	Her	16 25 48	+18 53.5	6.4	13.4	44994.	406.10	40
R	Dra	16 32 40	+66 45.3	6.7	13.2	44779.	245.60	45
S	Her	16 51 54	+14 56.4	6.4	13.8	45054.	307.28	47
T	Her	18 9 6	+31 1.2	6.8	13.7	45306.	164.98	47
X	Oph	18 38 21	+ 8 49.9	5.9	9.2	44729.	328.85	53
R	Aql	19 6 22	+ 8 13.8	5.5	12.0	43458.	284.2	42
R	Cyg	19 36 49	+50 12.0	6.1	14.4	44595.	426.45	35
RT	Cyg	19 43 38	+48 46.6	6.0	13.1	44588.	190.28	44
χ	Cyg	19 50 34	+32 54.8	3.3	14.2	42140.	408.05	41
U	Cyg	20 19 36	+47 53.6	5.9	12.1	44558.	463.24	48
T	Cep	21 9 33	+68 29.5	5.2	11.3	44177.	388.14	54
R	Cas	23 58 24	+51 23.3	4.7	13.5	44463.	430.46	40

ТУМАННОСТИ, ЗВЕЗДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ, ГАЛАКТИКИ

В этом разделе Календаря обычно даются сведения о ярчайших туманных образованиях, заметных на нашем небе при наблюдении в небольшие телескопы и бинокли. Исторически первый каталог туманных объектов был составлен французским астрономом Шарлем Мессье с 1758 по 1782 годы. Первоначальной целью составления каталога было желание помочь исследователям комет, которые часто путали неподвижные туманные объекты с кометами. В дальнейшем каталог завоевал популярность, как список наиболее ярких объектов Вселенной, которые многократно изучались при помощи телескопов все большего и большего размера. Мессье впервые собрал в одном списке наиболее яркие газовые туманности, рассеянные и шаровые звездные скопления, галактики разных типов. При наблюдениях им использовалось несколько телескопов.



Шарль Мессье
(Charles Messier)
1730-1817

Хотя наибольший из них имел диаметр зеркала 20 см, следует отметить, что зеркала рефлекторов XVIII века делались из металла и довольно быстро теряли отражающую способность. Для рефракторов в те времена главным был не диаметр объектива, а фокусное расстояние, которое достигало 12 метров для используемых Мессье телескопов. Это связано с тем, что хорошие ахроматические объективы появились только в следующем веке. Современный любительский телескоп или сильный бинокль позволяет найти на звездном небе все объекты каталога Мессье.

Фотографии многих галактик, скоплений и туманностей, входящих в этот каталог, приводятся во всех книгах об астрономии и исследовании космоса. В окончательную версию каталога вошли 110 объектов. С 1758 по 1801 года Шарль Мессье открыл 27 комет (всего за этот период времени было открыто 45 комет), но его имя вспоминается, пожалуй, чаще имен всех других астрономов в связи с каталогом, который он не считал основным результатом своей работы.

Ниже мы приводим в нескольких таблицах все объекты этого каталога, отсортировав их по типам. В таблицах приводятся номер по каталогу Мессье, номер объекта по каталогу NGC, координаты (эпоха 2000), созвездие, в котором находится объект, угловой размер в минутах дуги (d), видимая звездная величина (m), расстояние до объекта в световых годах или в миллионах световых лет для галактик (r), тип, название или другая информация об объекте.

**ГАЛАКТИЧЕСКИЕ ПЛАНЕТАРНЫЕ (ПТ), ДИФFUЗНЫЕ
ТУМАННОСТИ (ДТ), ОСТАТКИ СВЕРХНОВЫХ (ОС)**

	NGC	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	Созв.	d	m	r	Название
M27	6853	19 ^h 59.6 ^m	+22 ^o 43'	Vul	8x6	7.4	1250	ПТ Гантель
M57	6720	18 53.6	+33 02	Lyr	1.4x1	8.8	2300	ПТ Кольцо
M76	650	01 42.4	+51 34	Per	2.7x1.8	10.1	3400	ПТ Малая Гантель (Бабочка)
M97	3587	11 14.8	+55 01	UMa	3.4x3.3	9.9	2600	ПТ Сова
M8	6523	18 03.5	-24 23	Sgr	35x65	5.8	5100	ДТ Лагуна
M16	6611	18 18.5	-13 47	Ser	7	640	5500	ДТ вокруг рассеян ного скопления
M17	6618	18 20.5	-16 11	Sgr	37x46	7.0	3000	ДТ Омега (или Лебедь)
M20	6514	18 02.0	-23 02	Sgr	27x29	8.5	3500	ДТ Трехраздельная
M42	1976	05 35.3	-05 23	Ori	60x66	4.0	1500	ДТ тум. Ориона
M43	1982	05 33.6	-05 16	Ori	20x15	9.0	1500	ДТ (часть тум. Ориона)
M78	2068	05 46.7	+00 03	Ori	8x6	8.3	1600	ДТ
M1	1952	05 34.5	+22 01	Tau	6'x4'	8.4	6300	ОС Крабовидная тум., остаток вспышки Сверхновой 1054 г.

ГАЛАКТИЧЕСКИЕ РАССЕЙАННЫЕ СКОПЛЕНИЯ

M	NGC	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	Созв.	d	m	r	Название
M6	6405	17 40.1	-32 13	Sco	25	4.6	1600	Бабочка
M7	6475	17 54.0	-34 49	Sco	80	3.3	780	Скопление Птолемея
M11	6705	18 51.1	-06 16	Sct	12	6.6	6150	
M16	6611	18 18.8	-13 48	Sgr	25	6.6	5740	В диффузной тум.
M18	6613	18 19.9	-17 08	Sgr	9	7.5	3900	
M21	6531	18 04.7	-22 30	Sgr	13	7.2	3900	
M23	6494	17 57.1	-18 59	Sgr	35	6.0	2060	
M25		18 31.7	-19 15	Sgr	32	6.2	2300	
M26	6694	18 45.3	-09 24	Sct	15	9.0	4900	
M29	6913	20 24.0	+38 32	Cyg	7	7.5	4250	
M34	1039	02 42.1	+42 46	Per	42	5.7	1640	
M35	2168	06 08.9	+24 20	Gem	28	5.6	2770	
M36	1960	05 36.3	+34 08	Aur	19	6.3	4320	
M37	2099	05 52.3	+32 33	Aur	34	6.2	4540	
M38	1912	05 28.7	+35 51	Aur	26	7.0	3500	
M39	7092	21 31.8	+48 26	Cyg	30	5.3	1070	
M41	2287	06 46.0	-20 45	Com	50	5.0	2270	
M44	2632	08 40.4	+19 40	Cnc	100	3.9	600	Ясли
M45	1432	03 47.4	+24 06	Tau	180	1.4	130	Плеяды
M46	2437	07 41.8	-14 49	Pup	27	6.6	5200	
M47	2422	07 36.6	-14 30	Pup	30	4.3	1530	
M48	2548	08 13.8	-05 48	Hyd	54	5.5	2050	
M50	2323	07 03.2	-08 31	Mon	16	7.2	3250	
M52	7654	23 24.8	+61 36	Cas	18	7.7	4660	
M67	2682	08 51.3	+11 48	Cnc	18	7.0	2980	
M93	2447	07 44.5	-23 51	Pup	20	6.5	3400	
M103	581	01 33.4	+60 39	Cas	6	7.0	7200	

ГАЛАКТИЧЕСКИЕ ШАРОВЫЕ СКОПЛЕНИЯ

M	NGC	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	Созв.	d	m	r
M2	7089	21 33.5	-00 49	Aqr	17	6.5	37700
M3	5272	13 42.2	28 22	CVn	22	6.2	34100
M4	6121	16 23.6	-26 32	Sgr	26	5.6	7200
M5	5904	15 18.6	02 05	Ser	25	5.6	24600
M9	6333	17 19.2	-18 31	Oph	12	7.7	26000
M10	6254	16 57.1	-04 06	Oph	22	6.6	14400
M12	6218	16 47.2	-01 57	Oph	21	6.7	16100
M13	6205	16 41.7	36 28	Her	21	5.8	25300
M14	6402	17 37.6	-03 15	Oph	29	7.6	29100
M15	7078	21 30.0	12 10	Peg	18	6.2	33800
M19	6273	17 02.6	-26 16	Oph	14	6.8	28500
M22	6656	18 36.4	-23 54	Sgr	35	5.1	10500
M28	6626	18 24.5	-24 52	Sgr	15	6.8	18700
M30	7099	21 40.4	-23 11	Cap	16	7.2	26200
M53	5024	13 12.9	18 10	Com	16	7.6	60000
M54	6715	18 55.1	-30 29	Sgr	12	7.6	70000
M55	6809	19 40.0	-30 58	Sgr	29	6.3	17700
M56	6779	19 16.6	+30 11	Lyr	9	8.2	31000
M62	6266	17 01.2	-30 07	Oph	15	6.5	19200
M68	4590	12 39.5	-26 45	Hyd	11	8.2	31000
M69	6637	18 31.4	-32 21	Sgr	10	7.8	34000
M70	6681	18 43.2	-32 17	Sgr	8	8.2	35000
M71	6838	19 53.8	+18 47	Sge	7	8.2	12700
M72	6981	20 53.5	-12 32	Aqr	7	9.3	56000
M75	6864	20 06.1	-21 55	Sgr	7	8.5	59000
M79	1904	05 24.2	-24 31	Lep	10	7.8	44000
M80	6093	16 17.0	-22 58	Sco	7	7.3	32800
M92	6341	17 17.1	43 08	Her	30	6.4	26900
M107	6171	16 32.6	-13 03	Oph	13	8.2	18900

ЯРКИЕ ГАЛАКТИКИ

M	NGC	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	Созв.	d	m	r	Тип	Название
<i>Спиральные галактики</i>									
M31	224	00 42.7	+41 16	And	178x63	3.5	2.4	Sab	тум. Андромеды
M33	598	01 33.9	+30 39	Tri	73x45	5.7	3.0	Sac	тум. Треугольника
M51	5194	13 29.9	+47 12	CVn	11x7	8.4	37	Sc	Водоворот
M58	4579	12 37.7	+11 49	Vir	5.5x4.5	9.8	60	SBc	
M61	4303	12 21.9	+04 28	Vir	6x5.5	9.7	60	SABbc	
M63	5055	13 15.8	+42 02	CVn	10x6	8.6	40	Sbc	Подсолнух
M64	4826	12 56.7	+21 41	Com	9.3x5.4	8.5	25	Sa	Черный глаз
M65	3623	11 18.9	+13 05	Leo	8x1.5	9.3	35	Sa	
M66	3627	11 20.2	+12 59	Leo	8x2.5	8.9	35	Sb	
M74	628	01 36.7	+15 47	Psc	10.2x9.5	9.4	35	Sc	
M77	1068	02 42.7	-00 01	Cet	7x6	8.8	70	Sa	
M81	3031	09 55.6	+69 04	UMa	21x10	6.9	11	Sab	

M	NGC	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	Созв.	d	m	r	Тип	Название
M83	5236	13 37.0	-29 52	Hyd	11x20	7.6	15	Sabc	Южное Колесо
M88	4501	12 32.0	+14 25	Vir	7x4	9.6	60	Sc	
M90	4569	12 36.8	+13 10	Vir	9.5x4.5	9.5	60	Sb	
M91	4548	12 35.4	+14 30	Com	5.4x4.4	10.2	60	SBb	
M94	4736	12 50.9	+41 07	Vir	7x3	8.2	23	Sa	
M95	3351	10 44.0	+11 42	Leo	4.4x3.3	9.7	38	SBb	
M96	3368	10 46.8	+11 49	Leo	6x4	9.2	38	Sa	
M98	4192	12 13.8	+14 54	Com	9.5x3.2	10.1	60	Sb	
M99	4254	12 18.8	+14 25	Com	5.4x4.8	9.9	60	Sc	
M100	4321	12 22.9	+15 49	Com	7x6	9.3	60	Sc	
M101	5457	14 03.2	+54 21	CVn	22	7.7	27	Sc	Колесо
M104	4594	12 40.0	-11 37	Vir	9x4	8.3	50	Sa	Сомбреро
M106	4258	12 19.0	+47 18	CVn	19x8	8.3	25	Sab	
M108	3556	11 11.5	+55 40	UMa	8x1	10.0	45	Sc	
M109	3992	11 57.6	+53 23	UMa	7x4	9.8	55	SBc	

Галактики типа S0

M84	4374	12 25.1	+12 53	Vir	5	9.1	60	S0	
M85	4382	12 25.4	+18 11	Com	7x5	9.1	60	S0	
M86	4406	12 26.2	+12 57	Vir	7.5x5.5	8.9	60	S0	

Эллиптические галактики

M32	221	00 42.7	+40 52	And	8x6	8.1	2.9	E2	спутник M31
M49	4472	12 29.8	+08 00	CVn	9x7.5	8.4	56	E2/S0	
M59	4621	12 42.0	+11 39	Vir	5x3.5	9.6	60	E5	
M60	4649	12 43.7	+11 33	Vir	7x6	8.8	56	E2	
M87	4486	12 30.8	+12 24	Vir	7	8.6	56	E0pec	Дева А
M89	4552	12 35.7	+12 33	Vir	4	9.8	60	E0	
M105	3379	10 47.8	+12 35	Leo	2	9.3	38	E1	
M110	205	00 40.4	+41 41	And	17x10	8.0	2.4	E5	спутник M31

Неправильные галактики

M82	3034	09 55.8	+69 41	UMa	9x4	8.4	11	I0	Сигара
-----	------	---------	--------	-----	-----	-----	----	----	--------

ОБЪЕКТЫ ДРУГИХ ТИПОВ

	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	Созв.	d	m	r	Примечание
M24	18 16.9	-18 29	Sgr	90	4.6	10000	часть Млечного Пути, включает скопление NGC6603
M40	12 22.4	+58 05	UMa	0.8	8.4	500	двойная звезда
M73	20 58.9	-12 38	Aqr	3	9.0	2500	система из 4-х звезд
M102							однозначной идентификации объекта нет

ВВЕДЕНИЕ В МОРФОЛОГИЮ ГАЛАКТИК

Б. А. Мурников

Греческое слово *γαλακτικός* значит «молочный». Так в древности называли слабосветящуюся светлую полосу, неизменно сохраняющую свое положение на звездном небе – Млечный Путь. В 1520 году Антонио Пигафетта, участник экспедиции Магеллана, обратил внимание на «две крупные, но не очень яркие звезды» в небе южного полушария. С тех пор их называют Магеллановыми Облаками. Это два спутника нашей Галактики, невидимые в наших широтах.

В 1609 году Галилео Галилей впервые наблюдал Млечный Путь в телескоп. Оказалось, что он представляет собой облака звезд. Через три года немецкий астроном Симон Мариус наблюдал и описал туманный объект в созвездии Андромеды – ныне всем известную галактику. Так были «открыты» наша Галактика и соседние внегалактические объекты.

В том же XVII столетии голландец Христиан Гюйгенс наблюдал ряд туманных пятен. В XVIII веке было известно уже около сотни туманностей различной природы. Они иногда вводили в заблуждение «ловцов» комет, в помощь которым французы Мессье и Мешен составили каталог 103 таких объектов (первое издание в 1781 году), в который попали как газовые туманности и звездные скопления, принадлежащие нашей Галактике, так и другие галактики. Например, M31 – «та самая» галактика в Андромеде, M13 – шаровое скопление в Геркулесе, M42 – газовая туманность в Орионе. Позже каталог дополнили до M110.

На протяжении следующего столетия астрономы Британских островов лидировали в изучении этих слабых объектов. Астроклимат Англии и Ирландии оставляет желать лучшего, зато там были крупнейшие в то время телескопы. Вильям Гершель и его сын Джон открыли тысячи новых туманностей. Вильям Парсонс (лорд Росс) в Ирландии продолжил этот ряд открытий, причем обнаружил у некоторых туманностей спиральную структуру. Оба Гершеля и Росс составили свои каталоги. Итоги XIX века подвели Дрейер и Робертс. Дрейер в Ирландии в 1888 году издал «Новый общий каталог туманностей и скоплений звезд» (New General Catalogue, сокращенно NGC), в который вошли почти 8000 объектов. Вместе с продолжениями («Индекс-каталог», IC), изданными в 1895 и 1908 годах, этот каталог включает более 13000 объектов, а обозначения NGC и IC – самые употребительные до сих пор. Тогда же развитие фотографии позволило англичанину Исааку Робертеу составить фотографический атлас звездных скоплений и туманностей. Кстати, экземпляр этого атласа с дарственной надписью автора имеется в Одесской обсерватории.

Первую модель нашей звездной системы разработал Вильям Гершель (1785 год). Он пришел к выводу, что часть туманностей – газовые, другие же представляют собой далекие «млечные пути», звездные системы. На это, возможно, его натолкнул философ Кант, чисто умозрительно высказав мысль, что туманности состоят из звезд. Джон Гершель в XIX веке открыл звездную природу Магеллановых Облаков.

В XX веке самые большие телескопы появились в США. Они позволили астрономам проникнуть еще дальше в глубины Вселенной. В 1924 году Эдвин Хаббл и Джордж Ричи разрешили на звезды спиральные ветви галактик в Андромеде (M31 = NGC 224) и в Треугольнике (M33 = NGC 598). Хабблу же принадлежит открытие пропорциональности «красного смещения» в спектрах галактик их расстоянию (1929 год). Вальтер Бааде в 1944 году разрешил на отдельные звезды центральную часть M31 и две небольшие галактики – ее спутники. Дальнейший прогресс астрономической техники в XX веке принес новые открытия, в том числе и в мире галактик.

Уместно здесь обратить внимание на то, что уже фотографии Роберта показали такие детали, какие глазом ни в какой телескоп нельзя увидеть. Особенно это касается других галактик. Глаз, в отличие от фотопластинки или ПЗС-матрицы, не способен накапливать слабые сигналы. А объекты эти действительно очень слабые. В галактиках видны в первую очередь звезды, расстояния между которыми в миллионы и десятки миллионов раз больше их размеров. В окрестностях Солнца звезды так редки, что две соседние звезды можно сравнить с двумя мухами на противоположных концах такого города, как Одесса или Киев. И только колоссальная толщина звездной системы позволяет выделить ее на фоне еще более «пустого» межгалактического пространства. Поэтому наблюдатель должен быть готов к тому, что вместо многочисленных подробностей, какими он любовался на фотографии (да еще с преувеличенными цветовыми различиями), на небе, даже в хороший телескоп, он едва сможет разглядеть слабое туманное пятно. Да и на фотографиях при разных экспозициях один и тот же объект может выглядеть по-разному.

Как уже упоминалось, многие из этих туманных пятен являются газовыми туманностями и звездными скоплениями, принадлежащими нашей Галактике, а другие – и их большинство и они самые слабые – другими галактиками.

Галактиками называются четко ограниченные, гравитационно связанные звездные системы. Такое определение можно найти в «Физической энциклопедии» (1988 год). В русскоязычной литературе раньше писали «Млечный Путь» (о нашей Галактике) и «млечные пути» (о других галактиках). Начиная с 30-х годов XX века складывается современная терминология. Очень распространенный ранее термин «внегалактические туманности» часто используется и теперь.

Галактики очень разнообразны по внешнему виду. Их давно уже разделили на три группы – спиральные (из наблюдаемых таких больше половины), эллиптические (правильнее было бы называть их эллипсоидальными) и неправильные. Сокращенно их обозначают соответственно S, E и Ir (или I). Спиральные галактики имеют довольно сложное строение. Рассмотрим в общих чертах нашу Галактику – типичную спиральную звездную систему.

Можно выделить три главные части (рис. 1):

1) центральная конденсация (балдж – англ. «выпуклость») радиусом около 2000 парсек (2000 пк = 2 килопарсек (кпк), 1 пк = 3,26 свет. года = $3 \cdot 10^{13}$ км), состоящая из звезд, звездных скоплений, мощных источников радиоизлучения, газовых потоков – все это без заметной спиральной струк-

туры; в центре балджа находится ядро (у некоторых галактик в центре ядра имеется еще очень компактное «точечное» ядрышко – керн);

2) диск, простирающийся от 2 до 15 кпк от центра, сравнительно плоский, с хорошо выраженной спиральной структурой; в нем до сих пор происходит звездообразование;

3) гало с низкой концентрацией звезд, имеющее почти сферическую форму, охватывающее всю Галактику и простирающееся до 25 кпк от центра; в нем находятся старые звезды и старые шаровые скопления; за пределами гало в последние десятилетия была обнаружена корона (иногда ее называют внешним гало) до 50-60 кпк от центра.

Еще в 40-е годы XX века В. Бааде обнаружил, что звезды и другие объекты в галактиках можно разделить на две группы, которые он назвал типами населения. К населению I типа относится население спиральных ветвей: горячие звезды, рассеянные скопления, переменные звезды типа δ Цефея, межзвездная пыль и газ; ко II типу – субкарлики, переменные типа RR Лиры, шаровые скопления. Для ядра Галактики (и ядер других спиральных галактик) и для эллиптических галактик характерно население типа II. Эти типы различаются как кинематическими характеристиками, то есть характером движения, так и химическим составом. Ряд объектов не обладает резко выраженными чертами I-го или II-го типа населения (в том числе такие звезды, как наше Солнце), поэтому действительная картина гораздо сложнее и интереснее.

У эллиптических галактик более или менее правильная форма и мало пылевой материи. Название «неправильные» говорит само за себя. И те, и другие не имеют четко выраженного ядра. Среди эллиптических есть гиганты, размерами превышающие нашу Галактику, и карлики, в 10 – 20 раз меньше ее в поперечнике. Такими же «маленькими» являются, в большинстве своем, неправильные галактики. Спиральные в среднем крупнее и ярче, видны с огромных расстояний и кажутся более многочисленными, хотя в действительности карликовых звездных систем (эллиптических и неправильных) гораздо больше во Вселенной.

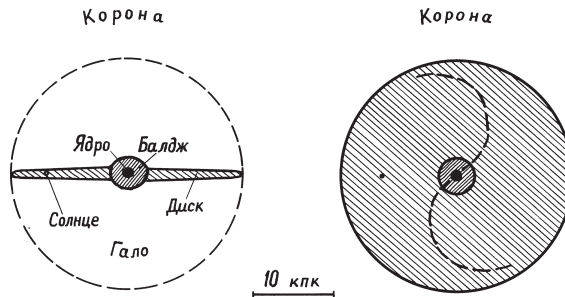


Рис. 1. Схема Галактики (с ребра и в плане). Спиральные ветви проведены условно

В 1925 году Хаббл предложил свою «камертонную» схему классификации галактик. В ней после эллиптических (E) следуют спиральные галактики двух типов: обычные (S) и галактики с перемычкой, иначе «пересеченные». Сейчас вместо слова «перемычка» часто употребляют слово «бар». Английское слово bar – «полоса, брусок, болванка», пожалуй, лучше подходит. Такие системы обозначают SB. Галактики S и SB затем «переходят» в неправильные (Ir или I). В следующие десятилетия сам Хаббл, а также Шепли, Сэндидж и другие исследователи продолжали развивать эту классификацию. В итоге «камертон» Хаббла стал выглядеть так (рис. 2).

Эллиптические галактики упорядочиваются по возрастанию вытянутости или сплюснутости от E0 (шарообразные) до E7 («длина» примерно в 3 раза больше «ширины»). Конечно, реальное сжатие отличается от наблюдаемого в зависимости от угла зрения. Промежуточные типы S0 и SB0 характерны отсутствием спиральных ветвей, но имеют более плотный линзообразный диск или бар, окруженный разреженным гало.

Спиральные нормальные (S) упорядочены по степени развитости ветвей и размерам ядра: Sa – большое ядро и неразвитые ветви, Sc – малое ядро и широко раскинувшиеся ветви; тип Sb занимает промежуточное положение, а к типу Sd относятся галактики с очень маленьким ядром. Спиральные галактики с баром упорядочены так же: SBa, SBb, SBc, SBd. У них спиральные ветви отходят от концов вытянутого ядра – бара.

Неправильные галактики (I или Ir) замыкают эту схему. Их тоже иногда подразделяют на типы.

Обозначения вроде Sab, SBbc и т. п. характеризуют галактики «на границе» типов.

Жерар де Вокулер в 1956 году разработал более детальную классификацию, учитывающую наличие или отсутствие замкнутых в кольцо спиральных ветвей. Если у галактики есть бар и кольцо, то она очень похожа на глаз кошки. В 60-е годы XX века был создан «Паломарский атлас», представляющий собой высококачественные снимки звездного неба, на которых вышли звезды до 21-й величины, десятки тысяч галактик и т. д. На этом материале в Москве под руководством Б. А. Воронцова-Вельяминова был создан «Морфологический каталог галактик», применяющий еще более детальную классификацию. Разнообразие форм галактик так

велико, что Арп (США) составил «Каталог пекулярных галактик», не поддающийся классификации.

Классификации Хаббла, де Вокулера, Воронцова-Вельяминова морфологические, т. е. основаны на анализе «внешнего вида» галактик. Однако давно уже известны галактики, выделяющиеся особыми физически-

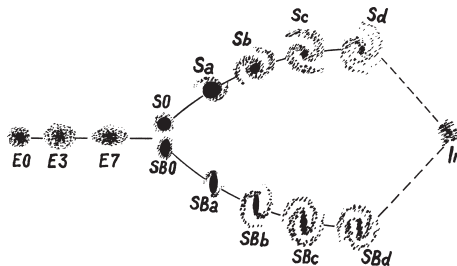


Рис. 2. Классификация галактик.

ми процессами. Это радиогалактики, галактики с активными ядрами, галактики с взрывающимися ядрами, причем взрыв продолжается миллионы лет, и другие. Существуют поэтому классификации галактик по физическим свойствам. По-прежнему загадочными остаются открытые более сорока лет назад квазары. Еще Хаббл обнаружил «разбегание галактик», интерпретирующееся как результат расширения Вселенной. Доступные наблюдениям миллиарды галактик группируются как в малые группы (особенно интересны тесные пары «деформированных» взаимодействующих галактик), так и в огромные скопления и сверхскопления. Эти структурные элементы Вселенной образуют своего рода «сеть» или «пену»: почти пустые «ячейки», или войды (англ. «пустой», «лишенный чего-либо») окружены цепочками, скоплениями и сверхскоплениями галактик, образующими перемычки и стенки этой грандиозной структуры...

Хаббл считал, что его классификация соответствует эволюционному пути галактики от «эллиптической» стадии через «спиральную» к «неправильной». Сейчас мы знаем, что эволюция галактик не так проста. Кроме того, крупнейшие наземные телескопы и космический телескоп имени Хаббла открыли так много крайне разнообразных по внешнему виду внегалактических объектов, что классифицировать их можно до бесконечности. И может быть именно поэтому «камертон Хаббла», благодаря своей простоте и наглядности, в качестве классификации используется и сейчас.

Совершим экскурсию по этой схеме. В помещенном в этом выпуске Календаря небольшом атласе галактик показаны объекты, о которых сейчас пойдет речь. Разные звездные системы ориентированы относительно нас по-разному – одни мы видим «анфас», другие «в три четверти», третьи – «в профиль». Для самых ярких указана их видимая интегральная звездная величина. Между прочим, почти половину их открыл около 200 лет назад Вильям Гершель.

Начнем с эллиптических галактик. На всем известных фотографиях «туманности Андромеды» рядом с гигантской спиралью главной галактики М31 видны карликовые галактики-спутники: ближе к центру расположена М 32 = NGC 221, ее тип E2; другая – более вытянутая (типа E5) галактика M110 = NGC 205 (фото 1). Обе они примерно 8-й величины и находятся (как и М 31) на расстоянии 750 кпк от нас. У яркой (9-й величины) галактики NGC 1316 типа E2 в созвездии Печи (конечно, далеко за звездами этого созвездия!) бросается в глаза сложная система пылевых облаков, вообще-то не характерных для эллиптических галактик. Можно разглядеть шаровые скопления в виде точек. На ее фоне видна звезда, принадлежащая нашей Галактике (фото 2).

Перейдем к спиральным галактикам без бара. Среди ярких они наиболее многочисленны. Самой впечатляющей галактикой типа Sa, пожалуй, является «Сомbrero» (NGC 4594 = М 104) в Деве, 8-й звездной величины (фото 3). До нее около 5 Мпк. Хорошо видны диск, окаймленный полосой межзвездной пыли, более прозрачное гало и многочисленные шаровые скопления. А галактика М65 (NGC 3623) в созвездии Льва, того же типа, 10-й величины, имеет активное ядро (фото 4).

Из галактик типа Sb самая известная – M 31 = NGC 224, «туманность Андромеды» (фото 1). Если не считать Магеллановых Облаков, она – единственный внегалактический объект, видимый невооруженным глазом (ее интегральная звездная величина 3,5). Точнее, в виде слабого продолговатого пятна виден ее балдж. Вся же система имеет внушительные угловые размеры – более 3°. Главная плоскость ее составляет 15° с лучом зрения, т. е. мы ее видим почти сбоку. Диаметр (с короной) – 60 кпк, а расстояние до нее – 750 кпк. В ней более 200 миллиардов звезд, примерно как и в нашей Галактике. Галактика NGC 891 (тоже в Андромеде) с мощным «поясом» пыли видна точно с ребра (фото 5). В галактике M81 (NGC 3031), 8-й величины, в Большой Медведице, есть удивительные прямолинейные структуры (фото 6), у нее активное ядро. NGC 7331 в Пегасе (фото 7), 10-й величины, тоже с активным ядром, известна тем, что, в отличие от большинства галактик, у нее четко видно, какая сторона ее ближе к нам. Измерив лучевые скорости на разных ее концах, установили, что спиральные ветви закручиваются, а не раскручиваются при вращении звездной системы.

К промежуточному типу Sbc принадлежат: NGC 1531 в Эридане (фото 8), M51 (NGC 5194) – «Водоворот» – в Гончих Псах, 8-й величины, с активным ядром и спутником, неправильной галактикой NGC 5195 (фото 9), NGC 4501 в Волосах Вероники (фото 10). Наша Галактика, скорее всего, тоже этого типа.

К классу Sc относятся, например, NGC 3184, 10-й величины, в Большой Медведице (фото 11), M83 (NGC 5236), 8-й величины, в Гидре (фото 12).

Из галактик с баром назовем M95 (NGC 3351) в созвездии Льва (фото 13), NGC 4548 в Волосах Вероники (фото 14). Они относятся к типу SBb. Примерами галактик типа SBc являются NGC 1232, 10-й величины, в Эридане (фото 15), NGC 4535 в Деве (фото 16).

Самые известные из неправильных галактик – это спутники нашей Галактики Магеллановы Облака. Большое Магелланово Облако (БМО, фото 17) находится в созвездии Золотой Рыбы. Расстояние до него 52 кпк, а в длину оно тянется примерно на 8 кпк. У него сложная структура, в частности, главное тело похоже на нечетко выраженный бар. Малое Магелланово Облако (ММО, фото 18) находится в созвездии Тукана и до него 71 кпк. Оно меньше, чем БМО, его размеры около 3 кпк. В обоих Облаках, особенно в БМО, много звездных скоплений, газовых туманностей, звезд-сверхгигантов. Знаменитая звезда S Золотой Рыбы, имеющая самую высокую светимость (ее абсолютная величина почти -10^m), принадлежит БМО. Еще одну неправильную галактику, NGC 5195, спутник M51, мы уже видели (фото 9).

Схема Хаббла, которой посвящена статья, как уже говорилось, не исчерпывает всего разнообразия галактик. Например, на фото 19 и 20 показаны взаимодействующие галактики NGC 3314 (в Гидре) и NGC 1409/1410 (в Эридане). Мир галактик настолько богат, что, даже если Вселенная не бесконечна, работы хватит еще на много поколений астрономов.

АТЛАС ГАЛАКТИК



Фото 1

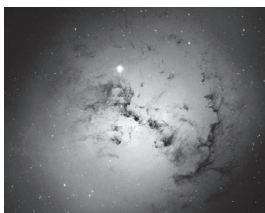


Фото 2



Фото 3

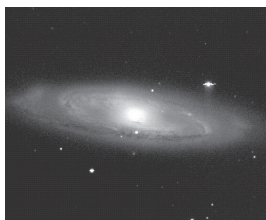


Фото 4



Фото 5

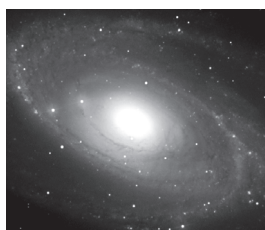


Фото 6



Фото 7



Фото 8



Фото 9

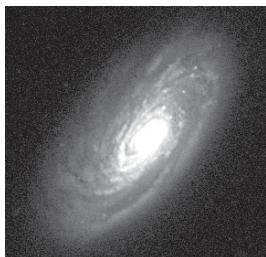


Фото 10

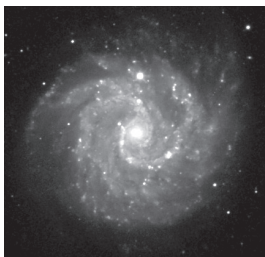


Фото 11

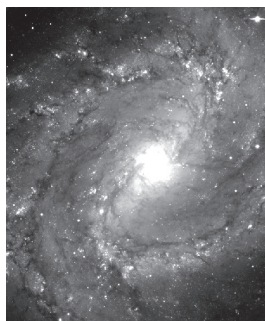
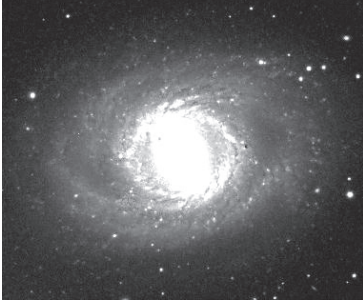
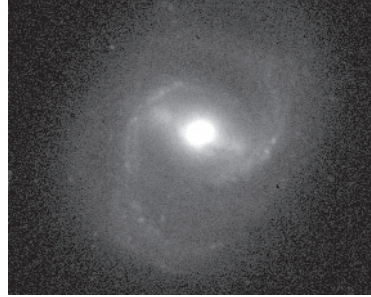


Фото 12



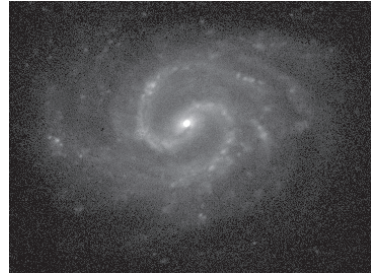
Φοτο 13



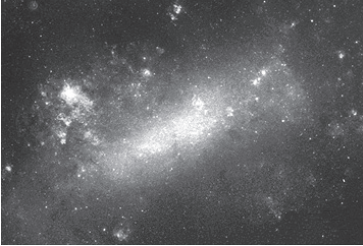
Φοτο 14



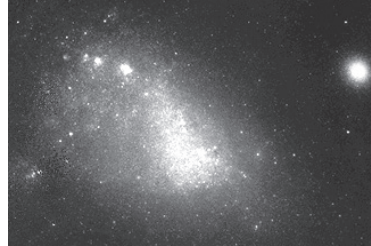
Φοτο 15



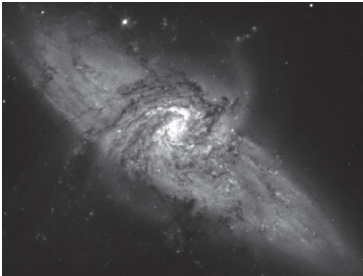
Φοτο 16



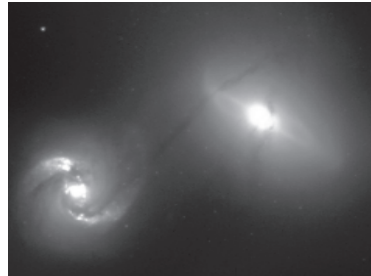
Φοτο 17



Φοτο 18



Φοτο 19



Φοτο 20

СВЕРХСКОПЛЕНИЯ И ЯЧЕЙСТАЯ СТРУКТУРА ВСЕЛЕННОЙ

Ю. Н. Кудря

Наши представления о крупномасштабной структуре Вселенной основаны на изучении пространственного распределения галактик. Еще в 1920-1930 годах было показано, что сгущение галактик является скорее правилом, чем исключением. Вскоре был определен характерный размер скоплений – 5-10 Мпк. До середины 1970-х годов число галактик с известными красными смещениями было очень мало, поэтому заключения о крупномасштабных структурах были основаны на двумерных подсчетах галактик. Наибольший из подсчетов был завершен в Ликской обсерватории Шейном и Виртаненом в 1967 году. Об удаленности галактик судили по их яркости и угловым размерам. Но светимости и линейные размеры меняются в значительных пределах, поэтому выводы о положении галактик в пространстве были неуверенными.

Значительный шаг в изучении сгущения галактик был сделан Эйбеллом в 1958 году. На основании завершенного обзора неба Паломарской обсерватории (POSS) он подготовил каталог 2712 скоплений галактик севернее $\delta = -27^\circ$. Позднее (1989) Эйбелл с соавторами (Эйбелл, Корвин, Оловин) расширили каталог, включив в него дополнительно скопления южного неба. В объединенный каталог Abell/ACO вошло 4069 богатых скоплений.

Другой каталог был подготовлен Цвикки с соавторами в 1961-1968 годах. В этот каталог были включены скопления галактик севернее $\delta = -2.5^\circ$. Эйбелл и Цвикки использовали различные определения скоплений. Эйбелловские скопления включали не менее 30 галактик внутри радиуса 2 Мпк в интервале двух звездных величин. (Мы используем в данной статье постоянную Хаббла $H_0 = 75$ км/с/Мпк, а также представляем расстояния в км/с, имея в виду при этом величину $H_0 r$, которая, согласно закону Хаббла, равна радиальной скорости $V_r = cz$, где z – красное смещение, c – скорость света). Цвикки использовал другие ограничения: в его каталог попали скопления, в которых было не менее 50 галактик в интервале трех звездных величин. Эти различия, как будет сказано ниже, обусловили дискуссию о реальности сверхскоплений.

Сверхскоплениями галактик называют физически связанные группировки скоплений галактик и групп галактик. Впервые о сверхскоплениях галактик, заявил, по-видимому, Шепли в 1933 году. На основе Гарвардского обзора галактик он представил список 25 скоплений и отметил, что они, возможно, представляют собой ядерные области еще больших структур, структур второго порядка.

Идея о сверхскоплениях была принята не сразу. Среди ее противников были такие известные астрофизики как Хаббл и Цвикки. Хаббл в 1936 нашел, что галактики в среднем распределены однородно, и что нет структур, крупнее, чем большие скопления. В 1950-х годах продолжал отрицать реальность сверхскоплений Цвикки. Он считал сверхскопления боль-

шими скоплениями и оценивал их размеры примерно в 40 Мпк, что близко к оценке средних размеров сверхскоплений.

Активным сторонником сверхскоплений был Эйбелл. Он показал, что вероятность наблюдаемого пространственного распределения скоплений в предположении случайного характера сгущения равна всего лишь 10^{-61} . В результате анализа своего каталога Эйбелл в 1961 г. представил список 17-и северных сверхскоплений, средний размер которых был 52 Мпк. Как со временем выяснилось, определение Эйбелла оказалось более адекватным для выделения сверхскоплений, и по сегодняшний день каталог Эйбелла является фундаментом для исследования крупномасштабных структур. Вследствие различий критериев включения в каталоги некоторые скопления Цвикки в действительности являются центральными частями сверхскоплений по Эйбеллу. Каталог же Цвикки послужил основой работ по измерению красных смещений. Позднее Эйбелл отмечал, что Цвикки поддерживал его идею о сверхскоплениях по сути, и его неприятие сверхскоплений было чисто семантическим.

Планомерные измерения красных смещений с целью построения трехмерных карт галактик начались в конце 1970-х годов. Значительный прогресс таких измерений наметился с использованием современных детекторов излучения. Даже на пятиметровом телескопе обсерватории Маун-Паломар необходимы были часовые экспозиции для получения спектра галактики, а с использованием ПЗС-приемника – только минутные. Детальная информация о пространственном распределении была получена на основе красных смещений, измеренных в Гарвардском центре астрофизики для галактик каталога Цвикки ярче 14.5 фотографической величины. Позднее массив красных смещений был расширен за счет галактик ярче 15.5 фотографической величины и галактик южного неба. Обработка обширных данных с красными смещениями сделала возможным открытие большого числа сверхскоплений, образованных скоплениями и группами галактик, волокнистого (филаментарного) характера их распределения, а также обнаружения пустот (войдов) между сверхскоплениями.

Среди различных списков сверхскоплений следует отметить каталог Беколлы и Сонеиры (1984), который был сформирован почти исключительно на основании измеренных красных смещений. Авторы выделили 16 богатых сверхскоплений до красного смещения $cz=30000$ км/с. Здесь наиболее примечательными являются структуры в Северной Короне ($cz=21000$ км/с), Большой Медведице ($cz=18000$ км/с), и Геркулесе ($cz=12000$ км/с).

К настоящему времени наибольший каталог сверхскоплений составлен Эйнасто и сотрудниками [1]. В этом каталоге, имеющем глубину по красному смещению $cz=36000$ км/с и охватывающем все небо, собраны все известные на 1995 г. красные смещения и дисперсии скоростей скоплений в сверхскоплениях. Каталог включает 220 сверхскоплений с числом скоплений два и более, из них 90 были каталогизированы впервые. Ниже мы приводим список тех богатых сверхскоплений из этого каталога, которые имеют в своем составе не менее пятнадцати Эйбелловских скоплений.

N	N_c	α	δ	V_r	Название
9	22	00 ^h 29.2 ^m	-30°.1	30000	Скульптор
10	17	00 ^h 34.4 ^m	-20°.7	17500	Рыбы – Кит
48	26	03 ^h 14.4 ^m	-49°.3	19100	Часы – Сетка
111	16	12 ^h 04.4 ^m	10°.1	23000	Дева – Волосы Вероники
114	16	12 ^h 07.6 ^m	64°.3	31000	Дракон
124	34	13 ^h 03.2 ^m	-32°.8	14200	Концентрация Шепли
205	19	23 ^h 04.4 ^m	-20°.3	23800	Водолей

В таблице N означает порядковый номер сверхскопления в каталоге, N_c – количество скоплений, α , δ – прямое восхождение и склонение центра сверхскопления, V_r – его радиальная скорость. В таблицу мы включили сверхскопления по критерию "богатства". Как видно, они оказались сравнительно далекими. Отметим, что обозначить контуры далеких сверхскоплений вследствие их компактных размеров на небе легче, чем обширных близких сверхскоплений.

Наиболее известной и изученной из приведенного списка является **Концентрация Шепли** в созвездии Центавра. Она, возможно, является наибольшей гравитационно взаимодействующей системой галактик в нашей близкой Вселенной, которая притягивает к себе в противовес расширению Вселенной. Впервые на нее обратили внимание Шепли и его сотрудники из обсерватории Гарвардского колледжа при составлении обзора галактик на южном небе. Шепли посчитал ее особенно интересной вследствие ее "большого линейного размера, населенности и примечательной удлиненной формы". Это структура, в которой Шепли насчитал примерно 2000 галактик, с центром в богатом южном Эйбелловском скоплении A3558 с координатами $\alpha=13^h25^m$ и $\delta=-31^{\circ}14'$ может быть отождествлена, как мы сейчас знаем, с ядром Концентрации. Ее угловая протяженность примерно 10 градусов, что соответствует примерно 35 Мпк, ее масса оценивается разными авторами в диапазоне $(2\div 5) 10^{16} M_{\text{sun}}$.

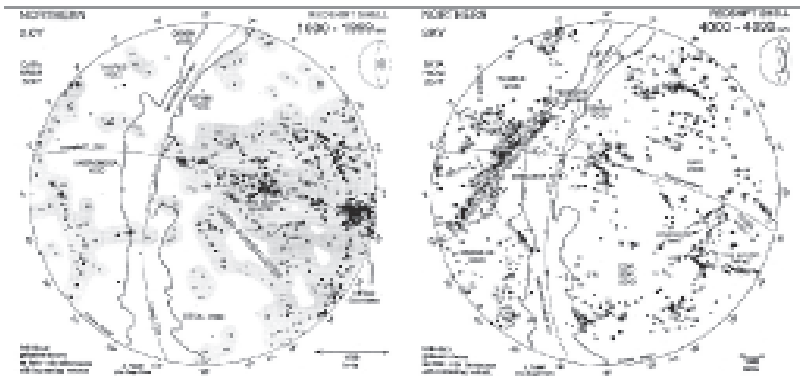


Рис. 1

Некоторые из более близких сверхскоплений можно увидеть на приводимых картах (рис. 1, 2).

Приведенные рисунки, взятые из атласа [2], иллюстрируют крупномасштабные неоднородности в распределении галактик в сферических слоях с толщиной в 1000 км/с. Слева на рис. 1 показаны галактики северного неба, имеющие радиальные скорости от 1000 км/с до 2000 км/с. Здесь доминируют галактики, принадлежащие Местному сверхскоплению (Virgo supercluster) с центром в скоплении Девы. Как видно, сверхгалактический экватор (то есть пересечение с небесной сферой плоскости преимущественной концентрации галактик Местного сверхскопления) примерно перпендикулярен к плоскости Галактики. Справа на рис. 1 (радиальные скорости от 4000 км/с до 5000 км/с) выделяется сверхскопление в Персее-Рыбах. На рис. 2 показаны два сферических слоя (2000 км/с – 3000 км/с и 4000 км/с – 5000 км/с) южного полушария. Здесь доминируют структуры в Центавре и Гидре, которые частично заслоняются Млечным Путем. В Центавре же находится более далекая Концентрация Шепли. На картах отчетливо видны места, почти лишенные галактик – пустоты (войды), а также отмечены некоторые скопления, что позволяет соотнести их размеры с размерами сверхскоплений. Полный набор аналогичных карт вплоть до 10000 км/с читатель может найти во внегалактической базе данных NED на сайте <http://nedwww.ipac.caltech.edu/> в разделе "LEVEL5".

Наиболее приметными близкими сверхскоплениями, в том числе и представленными на картах, являются Местное сверхскопление, сверхскопления в Волосах Вероники (Большая стена), Геркулесе и Персее-Рыбах в северном полушарии, в Гидре-Центавре, Скульпторе, Центавре-Павлине, Индейце в южном полушарии.

Еще в 19 столетии Вильям и Джон Гершели отмечали неравномерное распределение по небу спиральных туманностей (галактик). В начале 1920 годов Рейнольдс показал, что наибольшие внегалактические туманности образуют полосу. Эта полоса шириной 12 градусов, занимающая лишь 10% на небе, включает примерно две трети всех ярких галактик. Она про-

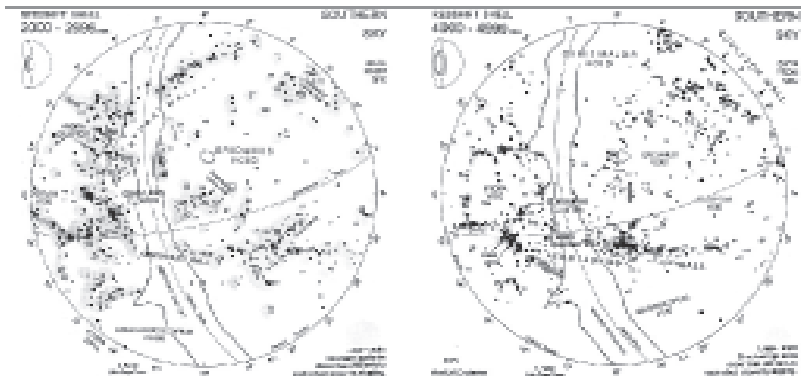


Рис. 2

ходит через скопление в Деве к меньшему скоплению в Большой Медведице на север, где полоса раздваивается, один из рукавов ведет к скоплению Волосы Вероники – Скульптор. На юг от Девы полоса продолжается к скоплению в Центавре. С уменьшением яркости галактик тенденция к концентрации в этой полосе уменьшается. Эти факты в конце 1930-х годов, благодаря работам многих ученых (Холмберг, Шепли, Цвикки и др.), оформились в представление об уплощенной структуре из ближайших галактик, которая получила название Местной сверхгалактики. Цвикки в работе 1938 года отметил, что Местная группа галактик хорошо вписывается в структуру скопления в Деве.

Более строгое свидетельство существования Местной сверхгалактики было дано Жераром де Вокулером в 1950-х гг (см., например, публикацию [3] на русском языке). Он показал, что ядром Сверхгалактики является скопление в Деве, а наша Местная группа, состоящая из Млечного Пути, туманности Андромеды и до нескольких десятков более мелких их спутников, вместе с другими близкими группами (Скульптора, IC-Maffei, M81) входят в состав удлинённой структуры (волокон или филамента), которая находится на периферии Сверхгалактики, называемой теперь Местным сверхскоплением.

Сверхскопление в Персее-Рыбах имеет вытянутую форму до 90° длиной с соотношением размеров 8:1. В пространстве эта структура тянется примерно на 45 Мпк и глубиной от 2000 км/с до 12000 км/с со средним значением 5500 км/с. Включает цепочку богатых скоплений в Персее.

Большая стена – огромная листовидная агрегация галактик длиной примерно 250 Мпк, шириной 90 Мпк и толщиной 5-7 Мпк, одна из наибольших структур в наблюдаемой Вселенной. На небе образует вытянутую структуру с центром примерно в точке с координатами $\alpha=13^h25^m$, $\delta=31^\circ14'$, проходящую через богатое скопление в Волосах Вероники (A1656), находящееся почти в галактическом полюсе, на юг от него – к Эйбеловскому скоплению A1367 с $cz=6500$ км/с, и далее, на север – к скоплениям A2197/2199 при $cz=9100$ км/с. Часть Большой стены с центром в A1656 называют сверхскоплением в Волосах Вероники.

В южном небе да Коста в 1989 г. обнаружил Южную (большую) стену или Сверхскопление в Скульпторе. Эта структура имеет, по крайней мере, 110 Мпк в длину, 65 Мпк в ширину, и не более 15 Мпк толщиной. Галактики в стене распределены неравномерно, заметна ячеистая структура стены.

Войды, филаменты и космическая паутина. В 1978 году Грегори и Томпсон, имея большой массив красных смещений, показали существование на переднем фоне Большой стены области с малым содержанием галактик. Вскоре были открыты еще несколько войдов. В частности Киришнер сообщил об обнаружении войда в Волопасе. Последующие изучения подтвердили крайне бедное содержание галактик в этой области, размеры которой были оценены в 60 Мпк. Возможно, войд в Волопасе не самый большой в наблюдаемой Вселенной, однако он примечателен тем, что очерчен такими заметными структурами, как сверхскопления в Геркулесе, Северной Короне и Большой Медведице.

Чтобы найти войды, не нужно ходить далеко. Наш Млечный путь есть член Местной группы, которая входит в состав "облака" (филамента) га-

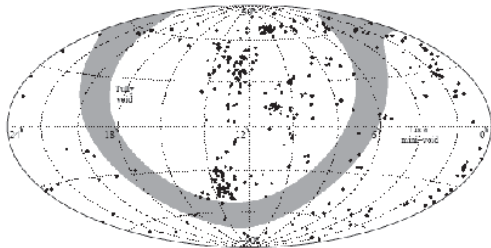


Рис. 3

На рисунке 3, взятом из работы Караченцева и сотрудников [4], представлено распределение по небу (в экваториальных координатах) 451 ближайших галактик до 10 Мпк. Затененная полоса на рисунке – зона Млечного Пути. В левой части рисунка отчетливо видна ближайшая часть Местного войда. Его центр имеет координаты: $\alpha=18^{\text{h}}38^{\text{m}}$, $\delta=18^{\circ}$. Примерно в противоположном направлении от Местного войда в весьма примечательной области пояса Ориона ($\alpha=5^{\text{h}}40^{\text{m}}$, $\delta=-3^{\circ}$) находится открытый недавно Караченцевым с соавторами Местный мини-войд глубиной в 5 Мпк.

Изучение войдов очень важно в плане изучения распределения светлой и темной материи. Пусты ли войды в действительности? Может быть, они заполнены карликовыми галактиками низкой светимости или галактиками-гало, состоящими из темной материи?

Группы и скопления галактик образуют вытянутые уплощенные филаменты (волокна) или цепочки. Филаменты вытянуты вдоль одного направления (10-100 Мпк), имеют средние размеры в другом, и тонкие – в третьем (примерно 10 Мпк). Большая часть (90%) галактик лежит вне больших скоплений в филаментах или "облаках". Соседние филаменты могут иметь общую плоскость, либо их плоскости могут пересекаться. Есть все основания считать, что филаменты не являются отдельными структурами, они связаны друг с другом в единую космическую сеть-паутину. В узлах такой сети находятся богатые скопления. Сверхскопления вмещают несколько скоплений и сеть филаментов. Соседние сверхскопления соединены цепочками. Между цепочками расположены пустоты (войды).

Открытие того, что мы живем на "космической паутине", погруженной в расширяющуюся с ускорением Вселенную, является одним из величайших открытий последних десятилетий. Специалисты занимаются изучением свойств такой сети. Что она больше напоминает – ячеистую структуру, или пузырьковую, или губчатоподобную, или пластинчатую? Отметим еще одну возможную особенность космической сети.

Изучение распределения Эйбеловских скоплений привело Эйнасто и сотрудников к интересному заключению о возможной периодичности сети из сверхскоплений и войдов [5]. Было найдено, что сеть напоминает кубическую решетку по всему рассмотренному объему (вплоть до 500 Мпк). Распределение скоплений в богатых сверхскоплениях неизотропно: оно периодич-

лактик Волосы Вероники – Скульптор. По одну сторону, на "юг" от сверхгалактической плоскости, содержащей этот филамент, находится другой филамент, однако на "север" от него, сразу за последней галактикой Местной группы, находится Местный войд (войд Талли, 1988).

но вдоль кубической решетки, примерно ориентированной вдоль осей сверхгалактических координат. Авторы утверждают, что такие неоднородности не противоречат последним наблюдательным определениям космологических параметров, но их теоретическое объяснение остается под вопросом.

В настоящее время считается, что все структуры космической сети возникли на ранней стадии развития Вселенной из флуктуаций плотности вещества путем гравитационного самодействия. Если начальная флуктуация плотности в некотором объеме была достаточно велика, то общее расширение структуры останавливается, и возраста Вселенной достаточно для коллапсирования ее в устойчивое состояние и установления равновесия. При меньших флуктуациях общее расширение останавливается гравитационными силами, система коллапсирует, но еще не достигла равновесия. Наконец, если флуктуации плотности еще меньше, то область продолжает расширяться, но медленнее по сравнению с общим хаббловским расширением. Устойчивые и сжимающиеся системы галактик ассоциируются со скоплениями, в то время как расширяющиеся – со сверхскоплениями. Повидимому, гравитационное притяжение вдоль филамента не может перебить общее хаббловское расширение Вселенной, но только в поперечных направлениях; поэтому филамент со временем сужается и удлиняется.

Ответить на вопросы о структуре и эволюции космических структур помогает компьютерное моделирование. Важным моментом такого моделирования является введение в сценарий темной материи. Без нее, например, нельзя было объяснить параллельное существование и богатых скоплений, и групп галактик.

Темная материя и проблема Большого аттрактора. Видимое распределение галактик и их скоплений является верхушкой айсберга распределения материи во Вселенной. Согласно современным данным, основной вклад в среднюю плотность материи вносит темная материя. Следует различать обычную темную материю (барионную) в виде объектов низкой светимости, потухших звезд и пр., и небарионную экзотическую материю, состав которой определяется гипотетическими частицами, слабо взаимодействующими с обычным веществом. Теория образования химических элементов на ранней стадии развития Вселенной устанавливает ограничение на плотность обычной материи – примерно 5% от полной средней плотности материи-энергии. При этом всей материи примерно 30%, то есть экзотической темной материи в 5 раз больше, чем барионной материи. Еще 70% полной плотности дает так называемая темная энергия (космический вакуум), которая не подвержена сгущиванию, равномерно и однородно распределена и ответственна за наблюдаемое ускорение расширения Вселенной.

Распределение всей материи (масс) вовсе не обязано повторять видимое распределение галактик (света). Но темная материя, как и светлая, подвержена гравитационному воздействию. Поэтому ее распределение изучают методами, которые учитывают гравитационные эффекты, в частности, по создаваемому полю пекулярных скоростей, то есть скоростей, дополнительных к скоростям общего однородного хаббловского расширения. Скопления и сверхскопления при этом проявляются как центры локальных притяжений, как генераторы поля пекулярных скоростей. В

построении общей картины движения галактик сначала было учтено падение близких галактик к центру Местного сверхскопления – скоплению в Деве. При изучении пекулярных скоростей в объеме до 100 Мпк возникло представление о Большом аттракторе, первоначальную модель которого построили "семь самураев" (Линден-Белл и др.) – масс $5.4 \cdot 10^{16} M_{\text{sun}}$ на расстоянии 58 Мпк в направлении на созвездие Центавра. Однако вскоре выяснилось, что одним Большим аттрактором не обойтись, например, не было замечено обратного падения на этот аттрактор. Позднее была выведена значимость другого центра притяжения, который отождествили со сверхскоплением в Персее-Рыбах, расположенном в противоположном от Большого аттрактора направлении. Однако для объяснения деталей поля пекулярных скоростей и этого оказалось мало.

Примерно в той же области неба, где и Большой аттрактор, находится Концентрация Шепли. Поэтому были сделаны предположения, что, несмотря на значительную удаленность (~190 Мпк), концентрация может быть одним из факторов, которые определяют поле пекулярных скоростей, в частности, она может быть причиной достаточно большой пекулярной скорости Местной группы.

Известно, что Местная группа галактик движется относительно микроволнового фона со скоростью (627 ± 22) км/с в направлении в галактических координатах $(l, b) = (276^\circ, 30^\circ) \pm 3^\circ$ (Когут и др., 1993). Примерно 27% пекулярной скорости Местной группы можно объяснить "падением" к ближайшему скоплению в Деве. Последние исследования (по рентгеновским источникам) [6] показали, что классический Большой аттрактор (Гидра-Центавр) может объяснить 44% остаточной скорости. Расположенная дальше Концентрация Шепли не может объяснить оставшиеся 56% скорости, но всего лишь 30%. По видимому, для объяснения остатка пекулярной скорости Местной группы необходимо привлекать и другие далекие массивные сверхскопления.

Исследования крупномасштабной структуры Вселенной продолжаются. Современные мультиобъектные спектрографы позволяют одновременно измерять красные смещения для 50-120 галактик. В настоящее время ведутся работы по нескольким большим программам исследования распределения галактик в больших объемах. Наибольший из этих проектов – SDSS (Sloan Digital Sky Survey) – кооперативные усилия нескольких североамериканских институтов с участием японских ученых. Обзор захватывает все северное небо и полосу южного неба. Общее число галактик с измеренными красными смещениями, возможно, превысит один миллион. Можно надеяться, что в ближайшем будущем будут открыты новые удивительные свойства наблюдаемой Вселенной.

Литература

- [1] Einasto M. et al. *Astron. Astroph., Suppl. series.*, 1997, 123, 119.
- [2] Fairall A. In "Large-scale Structures in the Universe", New York: Wiley, 1998.
- [3] де Воклер Ж. *Астрон. журн.* 1959, 36, 977.
- [4] Karachentsev I.D. et al. *Astro-ph/0410078*.
- [5] Einasto J. et al. *Astro-ph/9701018*.
- [6] Kosevski D.D., Ebeling H. *Astro-ph/0510106*.

МЕСТНАЯ ГРУППА ГАЛАКТИК

А. В. Юценко

Какова структура Вселенной – разрешением этого вопроса занимались ученые практически с тех пор, как появилась наука. Еще в древнем мире возникали догадки о том, что звезды – это не просто светящиеся точки на небесной сфере. Точное измерение расстояний до ближайших звезд стало возможным только спустя два века после начала телескопических наблюдений – в начале XIX века. В 40-х годах XIX века ирландский астроном лорд Росс смог разрешить на звезды ближайшие галактики. Он использовал для этого бронзовый рефлектор с диаметром зеркала 1.8 метра. На зарисовках лорда Росса явственно видны отдельные звезды в туманностях Андромеды и Треугольника. Но в XIX астрономия не была готова к тому, чтобы понять, что именно наблюдалось. Зеркало телескопа Росса быстро потускнело, телескоп большего диаметра был построен только в начале XX века – это был 1.86 метровый телескоп обсерватории Доминион в Канаде, работающий с 1918 года. Таким образом, установление факта, что наша Галактика не единственна во Вселенной, было отложено почти на столетие.

Фундамент для реальных измерений расстояний до внегалактических объектов был заложен Ливитт и Пикерингом (Leavitt, Pickering) в 1912 году. Они нашли зависимость светимости 25 пульсирующих переменных звезд (цефеид) в Малом Магеллановом Облаке от периода их колебаний. Позднее эта зависимость использовалась для нахождения расстояний до Магеллановых Облаков и других ближайших галактик. Местная группа (Local group) была выделена Хабблом в 1936 году как группа галактик, к которой принадлежит Млечный Путь. Позднее было показано, что большинство галактик во Вселенной входит в группы, подобные Местной группе. Естественно, что входящие в Местную группу галактики, являясь наиболее близкими к нам, исследованы наиболее детально. Каковы же основные результаты этих исследований?

В таблице 1 приводится список галактик, входящих Местную группу. Галактики приводятся в порядке уменьшения их абсолютной звездной величины M_v . В таблице приводятся название галактики, галактические координаты в градусах, расстояние до галактики в миллионах световых лет, диаметр галактики в тысячах световых лет, абсолютная звездная величина, тип галактики и год ее открытия. Наибольшими членами Местной группы являются три спиральных галактики: туманность Андромеды, наша Галактика (Млечный Путь) и туманность Треугольника, которая существенно уступает двум первым по светимости. Еще более слабыми являются все остальные члены группы. На рисунке 1 приводится одна из проекций расположения ярчайших членов Местной группы в двух масштабах. В Местной группе можно выделить две основных подгруппы – подгруппа туманности Андромеды и подгруппа Галактики. Ярчайшие члены подгруппы туманности Андромеды – это эллиптические галактики M32, M110 и карликовые сфероидальные галактики NGC147, NGC185. В подгруппу Галактики входят две неправильных галактики – Большое и Малое Магеллановы Облака и меньшие по размерам карликовые галактики.

Таблица 1

Местная группа галактик

Название	Галактические координаты λ β		r	d	M_V	Тип	год откры тия
Туманность							
Андромеды, M31	121.2	-21.6	2.650	140	-21.1	Sb I-II	964
Млечный Путь	0	0	0.026	90	-20.6	SBbc I-II	доист.
Галактика в Треугольнике, M33	133.6	-31.3	2.850	55	-18.3	Sc II-III	1654
Б. Магелланово Облако	280.5	-32.9	0.170	30	-18.1	Irr III-IV	доист.
NGC 55	332.7	-75.7	4.825	40	-17.6	Irr IV	1826
IC 10	119.0	-3.3	2.690	8	-17.6	dIrr	1890
HIZSS 3	217.7	+00.0	5.509	8:	-17:	dIrr	2003
NGC 6822	25.3	-18.4	1.600	8	-16.4	Irr IV-V	1884
M32	121.2	-22.0	2.625	8	-16.4	dE2	1749
M110	120.7	-21.7	2.660	15	-16.3	dSph/dE5	1773
М. Магелланово Облако	302.8	-44.3	0.210	16	-16.2	Irr IV-V	доист.
NGC 3109	262.1	+23.1	4.075	25	-15.8	Irr IV-V	1836
And VIII	121.0	-22.2	2.600	30	-15.6	dSph	2003
NGC 185	120.8	-14.5	2.020	8	-15.3	dSph/dE3p	1787
IC 1613	129.8	-60.6	2.285	10	-14.9	Irr V	1890
NGC 147	119.8	-14.3	2.365	10	-14.8	dSph/dE5	1830
IC 5152	343.9	-50.2	5.185	8	-14.8	dIrr	1900
Карлик эллипт. в Sgr	5.6	-14.1	0.078	10	-14.7	dSph	1994
Секстант А	246.2	+39.9	4.695	10	-14.4	dIrr	1942
Секстант В	233.2	+43.8	4.385	8	-14.3	dIrr	19..
WLM	75.9	-73.6	3.015	10	-14.0	Irr IV-V	1909
UKS 2323-326	11.9	-70.9	4.305	3	-13.1	dIrr	1978
Карлик в For	237.1	-65.7	0.450	6	-13.0	dSph	1938
Карлик в Peg	94.8	-43.5	3.115	6	-12.7	dIrr/dSph	1950
GR 8	310.7	+77.0	5.185	2	-12.5	dIrr	1959
Leo I	226.0	+49.1	0.815	3	-12.0	dSph	1950
And VII	109.5	-10.0	2.250	2	-12.0	dSph	1999
EGB 0427+63	144.7	-10.5	4.240	3	-11.8	dIrr	1974
Leo A	196.9	+52.4	2.250	4	-11.7	dIrr	1940
And II	128.9	-29.2	1.710	2	-11.7	dSph	1970
And I	121.7	-24.9	2.625	2	-11.7	dSph	1970
And VI	106.1	-36.3	2.540	3	-11.3	dSph	1998
Карлик непр. в Sgr	21.1	-16.3	3.460	3	-11.0	dIrr	1977
Карлик в Aqr	34.0	-31.3	2.610	2	-10.9	dIrr/dSph	1955
Карлик в Scl	287.5	-83.2	0.258	3	-10.7	dSph	1937
Карлик в Ant	263.1	+22.3	4.030	3	-10.7	dIrr/dSph	1997
Leo II	220.2	+67.2	0.669	3	-10.2	dSph	1950
And III	119.3	-26.2	2.480	3	-10.2	dSph	1970
Карлик в Cet	101.4	-72.8	2.530	3	-10.1	dSph	1999
Карлик в Sex	243.4	+42.2	0.280	4	-10.0	dSph	1990
Карлик в Phe	272.2	-68.9	1.450	2	-09.9	dIrr/dSph	1976
LGS 3	126.8	-40.9	2.640	2	-09.7	dIrr/dSph	1978
Карлик в Tuc	322.9	-47.4	2.870	2	-09.6	dSph	1990
Карлик в Car	260.1	-22.2	0.329	2	-09.2	dSph	1977
And V	126.2	-15.1	2.640	2	-09.1	dSph	1998
Карлик в UMi	105.0	+44.8	0.215	2	-08.9	dSph	1954
Карлик в Dra	86.4	+34.7	0.267	3	-08.6	dSph	1954
And IX	123.2	-19.7	2.575	2	-08.3	dSph	2004

Большое и Малое Магеллановы Облака (Large and Small Magellanic Clouds – LMC and SMC) и туманность Андромеды были открыты еще в дотелескопическую эру. Давно известны и несколько членов Местной группы, входящих в каталог Мессье, который приведен в табличном разделе календаря. А вот открытия остальных членов Местной группы оказались непростой задачей. Карликовые сфероидальные и неправильные галактики практически не выделяются на звездном фоне. Угловые размеры некоторых карликовых членов Местной группы достигают градуса и, во многих случаях, их открытие было результатом специально поставленных исследований лучевых скоростей и собственных движений звезд и звездных скоплений в больших участках неба.

На рис. 2 изображена карликовая галактика в созвездии Кита, открытая в 1999 году. Десять слабых членов Местной группы были открыты после 1990 года, возможно открытие еще 10-15 карликовых галактик. Об этом красноречиво свидетельствует последняя колонка таблицы – галактика And VIII, всего в три раза уступающая по размеру нашей Галактике и находящаяся на таком же расстоянии от нас, что и знаменитая туманность Андромеды, была открыта в 2003 году. Последнее открытие галактики в Местной группе сделано в 2004 году – And IX, тоже карликовая сфероидальная галактика, спутник туманности Андромеды. Благодаря радиоастрономическим и инфракрасным наблюдениям удается наблюдать члены Местной группы, расположенные за поглощающими облаками Млечного Пути. Примером является недавно открытая неправильная галактика HIZSS 3, расположенная точно на галактическом экваторе.

Местная группа является гравитационно связанным образованием, то есть ее массы достаточно для удержания отдельных галактик в составе группы. Ближайшими подобными группами галактик являются группа Maffei, группа Скульптора, группа M81 и группа M83 (группа галактики Центавр A). В таблице 2 приводятся некоторые характеристики этих групп и Мест-

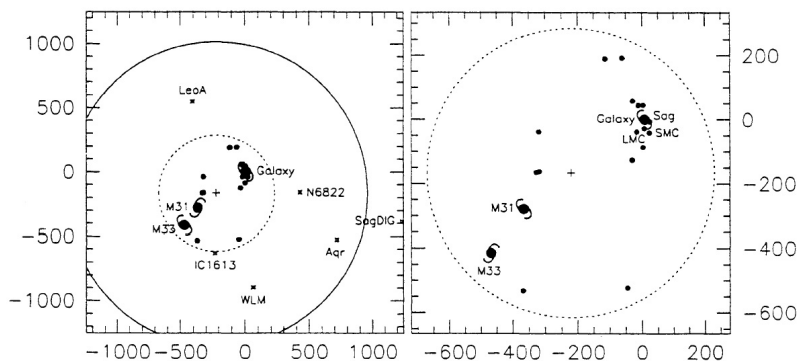


Рис. 1. Схема расположения ярчайших галактик Местной Группы. Оцифровка осей сделана в килопарсеках.

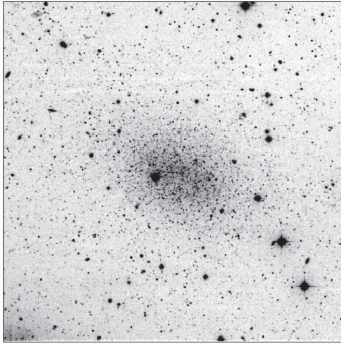


Рис. 2. Карликовая сфероидальная галактика в созвездии Кита. Снимок получен на 3.5 метровом телескопе NTT Южной Европейской обсерватории. Размер изображения примерно 11x11 угловых минут.

личивая массу скоплений. Пространство между скоплениями галактик может быть равномерно заполнено неизвестной нам (и недоступной для наших наблюдений) материей, суммарная масса которой равна или в несколько раз больше, чем масса наблюдаемых нами галактик.

ной группы. Следует отметить, что сейчас постоянно открываются новые слабые галактики, пересматриваются значения масс галактик и скоплений. Приведенные в таблице массы скоплений – это самые последние данные, но, как видно из приводимых ошибок определения массы, неопределенность еще очень велика. Это иллюстрирует трудности определения масс галактик. Даже для ближайших галактик и скоплений галактик прямые определения масс недостаточно точны. Возможно существование скрытой массы во Вселенной – темного вещества, которое не может быть наблюдаемо при помощи современных телескопов. По последним оценкам масса этой невидимой материи в три-пять раз превосходит массу видимого нами вещества. Часть этого невидимого вещества может быть сконцентрирована вокруг гало галактик, уве-

Таблица 2

Ближайшие группы галактик

	Местная группа	Группа Maffei	Группа Скульптора	Группа M81	Группа M83
Расстояние до центра группы (млн. св. лет)	1	10	9	12	14
Диаметр группы (млн. св. лет.)	6	6	4,5	7	8
Общая масса (в единицах 10^{12} масс Солнца)	1.2 ± 0.5	1.01 ± 0.5	0.5 ± 0.3	1.7 ± 0.5	2.9 ± 1.1
Общее количество галактик	48	24	19	29	31
Количество галактик с диаметром >30 тыс. св. лет	6	5	6	7	8
Количество спиральных галактик S	3	6	8	9	12
Количество галактик типа S0	0	0	1	0	4
Количество эллиптических галактик E	1	3	2	5	1
Количество неправильных галактик Irr	22	15	8	15	14
Количество карликовых сфероидальных галактик dSpH	22	0	0	0	0

Как видно из сопоставления двух приведенных таблиц, Местная группа является наиболее изученной группой галактик. Большинство галактик Местной группы составляют неправильные и карликовые сфероидальные галактики. Карликовые сфероидальные галактики имеют светимости, сравнимые со светимостью шаровых звездных скоплений, но их диаметры на два порядка превышают размеры шаровых скоплений. В результате поверхностная яркость таких галактик крайне низка, и даже на расстоянии туманности Андромеды они находятся на грани обнаружения современных телескопов. Расстояния до ближайших скоплений галактик примерно в десять раз больше расстояния до туманности Андромеды, и изучение карликовых сфероидальных галактик в этих скоплениях сейчас только начинается.

На рис. 3 показана область неба, занимаемая карликовой сфероидальной галактикой And VIII. Эта галактика является одним из спутников туманности Андромеды, она была открыта в результате многолетних исследований звездной плотности и лучевых скоростей звезд вокруг туманности Андромеды. В результате гравитационного воздействия большой туманности Андромеды карликовая галактика And VIII постепенно разрушалась и в настоящее время находится на грани исчезновения. Аналогичные образования изучаются сейчас и вокруг нашей галактики. Но для этого используются уже не снимки отдельных районов звездного неба, а анализ обзоров звездного неба в нескольких фильмах до 25 звездной величины. Открыты следы нескольких спутников Галактики, которые почти уничтожены приливными взаимодействиями. Одним из результатов исследований звезд Галактики явилось установление факта, что движущаяся группа Арктур по своим кинематическим свойствам и химическому составу не соответствует ни одному из звездных населений Галактики и является остатком уже разрушенного спутника Млечного Пути. Арктур (α Волопаса), ярчайший объект северного неба и одна из ближайших звезд, пришла к нам из другой галактики. Не менее известная быстролетающая звезда Каптейна также могла входить в состав одного из спутников Галактики.

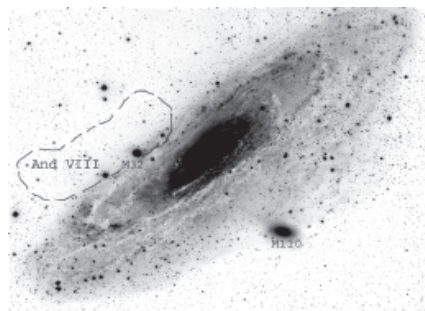


Рис. 3. Туманность Андромеды (M31) и ее спутники – эллиптические галактики M32 и M110. Область неба, в которой находятся звезды и шаровые скопления карликовой сфероидальной галактики And VIII, обведена пунктирной линией. Все отдельные звезды, видимые на снимке, принадлежат нашей Галактике. Звезды галактики And VIII и сама эта галактика на снимке незаметны. And VIII была выявлена по лучевым скоростям входящих в нее слабых звезд. Различие скоростей движения звезд, входящих в And VIII и в туманность Андромеды, достигает 300 км/сек.

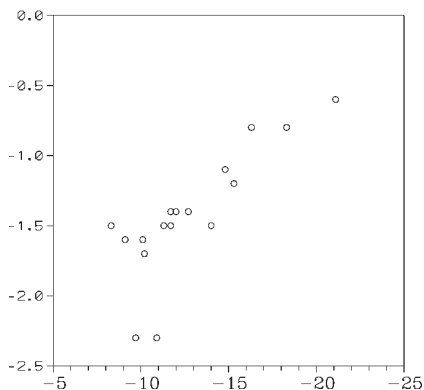


Рис. 4. Зависимость средней металличности галактики от ее абсолютной величины. По оси ординат отложен логарифм металличности (относительно Солнца), по оси абсцисс — абсолютная звездная величина галактики. Для M31 и M33 металличность определялась по красным гигантам гало этих галактик.

В результате исследований последнего десятилетия найдена корреляция между содержанием элементов тяжелее гелия в звездах галактики и общей светимостью галактики. Эта зависимость для семнадцати галактик подгруппы туманности Андромеды приведена на рис. 4.

Дефицит тяжелых элементов в карликовых галактиках естественно объясняется тем, что количество звезд в этих галактиках недостаточно для циклического кругооборота материи во многих поколениях звезд. В более массивных галактиках ядерные реакции, проходящие в дополнительных поколениях звезд, постепенно повышают общую металличность системы, преобразовывая водород в гелий и другие химические элементы. В карликовых галактиках эти процессы идут с существенно меньшей скоростью.

За последние десять лет огромный прогресс достигнут в изучении ядер галактик, в том числе ядер галактик Местной группы. Сейчас уже возможны прямые наблюдения центральной части нашей Галактики в радио и инфракрасном диапазонах. На рис. 5 изображены результаты наблюдений центра Галактики. Скорости движения звезд, наиболее близко подходящих к центральному объекту, составляют около 12 тысяч километров в секунду. Центральный объект незаметен по наблюдениям в инфракрасном диапазоне — звезды вращаются вокруг пустого места. Но, согласно наблюдениям в радиодиапазоне, в этой точке находится самый сильный радиоисточник нашего неба — Стрелец А. Орбиты и скорости вращения звезд позволили оценить массу этого объекта. Она составила около четы-

Исследования гало Галактики показывают, что до 10 процентов звезд гало, находящихся во внешней, относительно Солнца, части Галактики, могут быть звездами большого количества карликовых галактик, которые были захвачены Галактикой. В отличие от нашей Галактики, гало туманности Андромеды было сформировано в результате намного меньшего числа взаимодействий близких по размерам галактик. То есть, в состав Местной группы ранее входило существенно большее число галактик, которые, вследствие гравитационных взаимодействий, поглощали друг друга.

Близость галактик Местной группы позволяет проводить спектральные наблюдения отдельных звезд, определять их химический состав. Для более слабых звезд используются фотометрические методы определения металличности.

рех миллионов масс Солнца. Размер объекта не превышает 45 астрономических единиц. Напомним, что 1 астрономическая единица равна расстоянию от Земли до Солнца. Радиус черной дыры с массой около 4 миллионов масс Солнца должен быть примерно в 500 раз меньше. То есть, результаты наблюдений не позволяют с уверенностью утверждать, что в центре Галактики находится черная дыра. Но наблюдения позволяют практически полностью отрицать наличие компактного скопления нейтронных звезд в центре Галактики. Такое скопление может объяснить наблюдаемые звездные орбиты, но время жизни скопления, при столь малом размере, не превышает нескольких сот тысяч лет.

Таким образом, наблюдения центральной части Галактики, с большей вероятностью доказывают существование одного сверхмассивного объекта. Радиус этого объекта не более чем в 500 раз превышает радиус черной дыры с массой, способной объяснить наблюдаемые движения звезд.

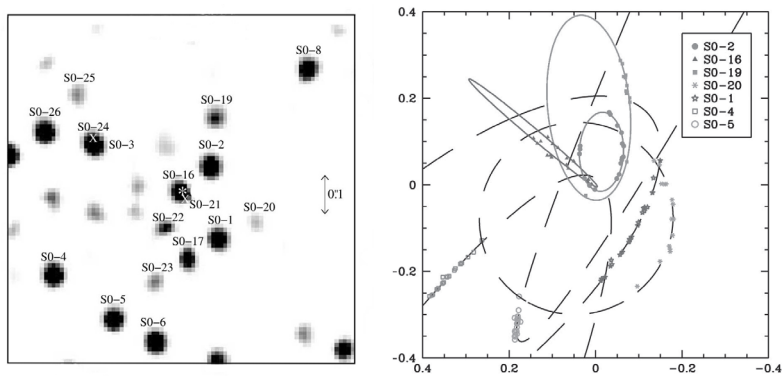


Рис. 5. Наблюдения центра Галактики. Сторона квадрата в левой и правой части рисунка равна 0.8 угловой секунды. Оцифровка правого квадрата сделана в секундах дуги. В левой части рисунка – центр Галактики в мае 2000 г. Наблюдения получены на 10-метровом телескопе Кеск в инфракрасном диапазоне спектра. Приведена идентификация некоторых звезд. В правой части рисунка показаны движение этих звезд вокруг центральной точки по результатам наблюдений с 1995 по 2003 годы. Орбиты показаны сплошными и штриховыми линиями, отдельные наблюдения – различными символами. Центр, вокруг которого вращаются звезды в левой части рисунка, совпадает с положениями звезд SO-16 и SO-21. В моменты, когда эти звезды находились на других участках их орбит, в центральной точке не удавалось зафиксировать никакого объекта. Расстояние до центра Галактики равно примерно 30 тысяч световых лет. На этом расстоянии диаметр орбиты Плутона, самой далекой планеты Солнечной системы был бы виден под углом около 0.01 угловой секунды. Как видно из рисунка, орбиты некоторых звезд проходят так близко от центрального объекта, что их расстояние от этой невидимой точки примерно равно расстоянию Плутона от Солнца.

Возможно, что это не черная дыра, а объект с очень близкими характеристиками. Дальнейшие наблюдения центра Галактики позволят установить более точные значения радиуса и массы центрального объекта, а также сверхмассивного объекта, находящегося вблизи центра Галактики. Наблюдения других галактик местной группы пока не столь детальны. Аналогичное двойное центральное тело обнаружено в ядре туманности Андромеды. В других, более удаленных гигантских галактиках, аналогичные объекты подозреваются, но их массы и размеры определяются со значительно меньшей точностью.

Объекты, которые могут быть черными дырами, должны существовать также в центрах шаровых звездных скоплений. Их массы существенно меньше, а расстояния до шаровых скоплений сравнимы с расстоянием до центра Галактики. На сегодняшний день именно центр Галактики является наиболее достоверным наблюдательным подтверждением существования объекта, близкого по своим характеристикам к черной дыре.

Современная наблюдательная астрономия позволяет достаточно уверенно подтвердить предсказания специальной теории относительности и аналогичных теорий. Однако наблюдения не позволяют пока сделать окончательный выбор в пользу одной из существующих теорий строения Вселенной. Более того, новые наблюдательные факты могут потребовать принципиально другого объяснения. Приведенный в этом очерке краткий обзор наблюдательных данных о Местной группе галактик показывает, насколько неполны еще наши представления даже о ближайшей части Вселенной, несмотря на очевидный наблюдательный прогресс. Новые, более точные наблюдения, разрешают часть существующих проблем, но, как обычно, возникают новые вопросы...

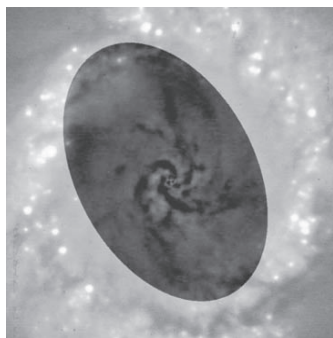


Рис. Инфракрасное изображение галактики NGC 1097 показывает невероятные детали волокнистой структуры материи, аккрецирующей в супермассивную черную дыру в ее центре. NGC 1097 находится в 45 млн. св. лет от нас. Астрономы использовали специальный прибор на VLT Южно-европейской обсерватории, который маскирует свет от звезд в галактике, регистрируя более слабые источники. Эти потоки материи, приближающиеся к центру галактики, свидетельствуют о массе черной дыры.

КОСМИЧЕСКИЕ МАЗЕРЫ – РАДИОМАЯКИ ВСЕЛЕННОЙ

Г.М.Рудницкий

Молекулы в межзвездной среде. Газ, заполняющий межзвездное пространство нашей Галактики и других галактик, состоит не только из атомов, но и из молекул. Однако в межзвездной среде условия для длительного существования вещества в молекулярной фазе есть не везде. Галактику пронизывает ультрафиолетовое излучение горячих звезд. Только там, где излучение ослаблено, молекулам не угрожает опасность быть разрушенными под действием жестких квантов. Такие условия существуют в плотных облаках межзвездного газа. В облаках, кроме газа, присутствуют межзвездные пылинки, сильно поглощающие свет и очень сильно – более коротковолновое излучение, губительное для молекул. На ярком фоне звезд Млечного Пути эти облака видны как темные пятна, или «угольные мешки», как называли их раньше. В результате химических реакций там образуются разнообразные химические соединения, от простейших двухатомных (СН, ОН, СО, NO) до более сложных, например, аммиак NH_3 , формальдегид H_2CO , цианистый водород HCN , метанол CH_3OH и многие другие, вплоть до HC_{11}N , самой сложной из известных межзвездных молекул.

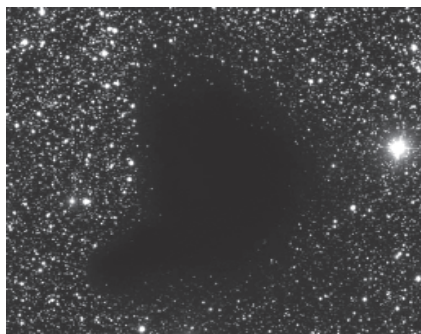


Рис. 1. Темное молекулярное облако Barnard 68 в созвездии Змееносца

Впервые о существовании молекул в межзвездном газе астрономы узнали в 1930-х гг. В спектрах некоторых звезд, помимо линий элементов, принадлежащих атмосфере самой звезды, обнаруживаются узкие линии поглощения, возникающие в межзвездном газе, расположенном вдоль луча зрения между звездой и наблюдателем. Некоторые из этих линий принадлежат атомам и ионам элементов, таких, как натрий и кальций. Кроме того, есть линии, которые какое-то время не удавалось отождествить, приписать известным химическим элементам. Усилия канадского физика, специалиста по молекулярной спектроскопии Герхарда Герцберга, наконец, привели к успеху. Им было показано, что межзвездные линии поглощения принадлежат простейшим молекулам СН, СН и молекулярному иону CN^+ . Молекула СН известна как циан. А соединения СН и CN^+ в земных условиях не могут существовать длительное время. Они очень химически активны и быстро вступают в реакцию с другими веществами. Однако в межзвездных облаках, где плотность газа мала, химические реакции идут крайне медленно, и такие двухатомные молекулы (их называют свободными радикалами) живут долго, не разрушаясь.

Наблюдать межзвездные молекулы средствами классической оптической астрономии достаточно сложно. Сами межзвездные молекулы в оптическом диапазоне не светятся. Межзвездный газ разрежен и холоден, столкновения частиц в нем слишком редки, чтобы возбудить оптическое свечение в молекулярных линиях. Поэтому оптическое исследование межзвездных молекул возможно только «на просвет», в тех направлениях в Галактике, где «подходящие» фоновые звезды подсвечивают газовые облака.

Гораздо больше для исследований межзвездных молекул подходит радиодиапазон. Те молекулы, у которых есть близко расположенные уровни энергии, могут излучать спектральные линии на радиоволнах. Энергии для возбуждения таких линий требуется гораздо меньше, чем для оптического свечения. Радиолинии молекул можно наблюдать и в тех межзвездных облаках, которые не просвечиваются звездами. Впервые возможность наблюдения радиолиний молекул в межзвездной среде предсказал советский астрофизик И.С. Шкловский в 1949 году. Опубликованная им в *Астрономическом журнале* работа – одна из первых в новой области исследования, радиоастрономии спектральных линий. В этой статье Шкловский впервые рассчитал вероятность перехода в линии атома водорода на волне 21 см, а также обратил внимание, что некоторые двухатомные молекулы (ОН и уже наблюдавшаяся в оптическом диапазоне СН) могут иметь спектральные линии в диапазоне, удобном для наблюдений. Молекула свободного радикала гидроксила ОН имеет линии вблизи волны 18 см, СН – вблизи 9 см. Дальнейшие наблюдения блестяще подтвердили расчеты Шкловского. В 1951 году была обнаружена линия нейтрального водорода 21 см. Несколько позже, в 1963 году были обнаружены линии гидроксила на волне 18 см, в поглощении на фоне радиоисточника – остатка сверхновой Кассиопея А, а потом, также в поглощении, на фоне других известных радиоисточников, остатков сверхновых и облаков ионизованного межзвездного газа. Линии СН на волне 9 см открыли гораздо позднее, в 1973 году.

«Мазерные» молекулы: как работает космический мазер. В 1965 году произошло событие, которого никто не ожидал. На той же волне 18 см, где ранее нашли линии поглощения гидроксила, обнаружили очень сильные линии излучения, настолько интенсивные, что вначале были выказаны самые экзотические предположения об их природе. Источники этих линий находятся вблизи известных оптических туманностей и радиоисточников с тепловым спектром, где в Галактике расположены молодые горячие звезды. Измерения с высоким угловым разрешением, выполненные при помощи радиоинтерферометров, показали, что размеры источников очень малы, меньше размеров Солнечной системы. Одна из выдвинутых гипотез предполагала приписать излучение неизвестному элементу «мистериуму». Согласно другой, обнаруженные радиолинии могли быть долгожданнами сигналами внеземных цивилизаций.

Понимание наблюдаемых явлений пришло достаточно быстро. Линии 18 см действительно излучались молекулами гидроксила, а их необычайная яркость и малые размеры источников объяснялись большим усилением излучения – мазерным эффектом.

На этом открытия 1960-х годов не закончились. В 1968 году в тех же областях, где ранее были открыты гидроксильные мазеры, были найдены мазерные радиоисточники, излучающие в линии молекулы воды H_2O на волне 1.35 см. Водяные мазеры оказались еще интенсивнее гидроксильных. Затем последовали открытия мазеров и на других молекулах: окиси кремния (SiO), метанола, или метилового спирта (CH_3OH) и формальдегида (H_2CO). Но самые распространенные в Галактике – всё же гидроксильные и водяные мазеры. Они наиболее ярки и обнаруживаются во многих других галактиках. Поэтому основное внимание будет уделено именно этим двум видам мазеров.

Слово «мазер» – сокращение по начальным буквам английских слов «microwave amplification by stimulated emission of radiation», или микроволновое (то есть происходящее на радиоволнах) усиление посредством вынужденного излучения. Похожее слово «лазер» существует для излучателей в оптическом диапазоне. Отличие в первой букве: «microwave» нужно заменить на «light» – свет, усилитель света.

Атомы и молекулы могут излучать электромагнитные волны в виде квантов в двух режимах: спонтанном (или самопроизвольном) и вынужденном (стимулированном). Если, например, молекула путем столкновения с другой частицей или при поглощении кванта получит добавку к своей внутренней энергии (как говорят, перейдет в более высокое энергетическое состояние), она может потом избавиться от избытка энергии, перейдя снова в более низкое состояние и излучив квант соответствующей частоты спонтанно, самостоятельно, без постороннего воздействия. Возможен и другой случай. Если возбужденная молекула встретит квант, частота которого равна частоте перехода на более низкий уровень, то этот переход будет вынужденным, причем квант, излученный молекулой, будет таким же, как и вынуждающий, с той же частотой и тем же направлением движения. Как говорят, он будет когерентен вынуждающему. Если в газе достаточно много молекул, занимающих верхний уровень какого-либо энергетического перехода (молекулы «накачаны» вверх), то проходящее излучение на частоте, соответствующей этому переходу, создаст лавину вынужденных переходов и будет многократно усилено.

В лабораториях квантовые усилители и генераторы радиоволн и света были созданы в 1950-е годы. Советские физики Н.Г. Басов и А.М. Прохоров изобрели мазерный генератор радиоволн. Почти одновременно Ч. Таунс в США создал генератор света – лазер. В 1964 году за эти выдающиеся открытия все трое были удостоены Нобелевской премии по физике. Мазеры и лазеры оказались ценнейшим приобретением. Их уже более полувека используют в качестве высокостабильных генераторов света и радиоволн в самых разных областях человеческой деятельности. Кто бы мог предположить, что тот же механизм усиления излучения может действовать и в межзвездном пространстве? Открытие космических мазеров показало, что может.

Еще о механизме мазерного усиления. Рисунок 2 поясняет принцип действия мазера. В создании мазерного эффекта всегда участвуют как минимум три энергетических уровня (рисунок слева). Вначале молекулы воз-

буждаются на самый верхний уровень p . Это промежуточное звено в цепи. Молекулы могут перебрасываться вверх излучением с частотой перехода $l \rightarrow p$ либо столкновениями с другими частицами газа. Проведя некоторое время на уровне p , они совершают спонтанный переход на уровень u – верхний из пары уровней, переход между которыми дает интересующую нас линию – мазерную линию. Такой процесс называется накачкой молекул. Накачка может работать эффективно, если условия в среде отклоняются от термодинамического равновесия, например, если есть направленные потоки излучения на частоте перехода $l \rightarrow p$ (скажем, от ближайшей звез-

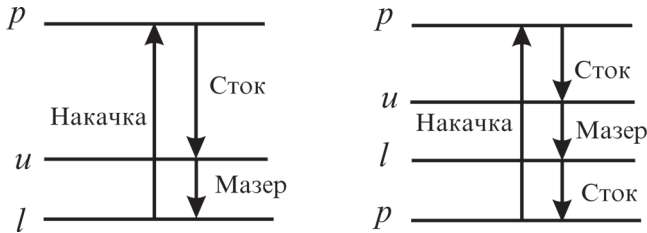


Рис. 2. Схема, поясняющая принцип работы мазера

ды), в газе есть направленные потоки частиц («ветер», дующий от звезды и похожий на солнечный ветер) или же температура в разных участках среды различна. В итоге избыточно большое число молекул может оказаться на верхнем уровне u из пары уровней, образующих мазерную линию $u \rightarrow l$. Достаточно пропустить через облако газа с такими «накачанными» молекулами излучение с частотой, соответствующей переходу $u \rightarrow l$, как оно вызовет лавинообразный процесс вынужденных переходов и окажется резко усиленным. Если накачка работает непрерывно и всё время пополняет запас молекул на уровне $u \rightarrow l$, то и мазерное облако светит непрерывно. По трехуровневой схеме работает мазер на молекулах гидроксила ОН. У молекул ОН уровень l мазерного перехода $u \rightarrow l$ – самый нижний по энергии, как его называют, основным. Особых проблем с накачкой молекул ОН до мазерного состояния не возникает.

Схема в правой части рисунка включает в себя четыре уровня. Так бывает в том случае, когда нижний уровень мазерного перехода $u \rightarrow l$ не является самым нижним, основным. Иногда пара уровней u, l может располагаться довольно высоко над основным состоянием, как в случае молекул H_2O . Там минимальная энергия возбуждения уровня l соответствует температуре в 644 К, что по меркам межзвездной среды не так уж мало. На самом деле требуется еще более высокая температура, так как молекулы H_2O необходимо вначале возбудить на еще более высокий уровень p , с которого уже продолжится процесс накачки. По этой причине водяной мазер требует для своего возбуждения гораздо большей энергии, чем гидроксильный мазер.

Молекулярные мазеры в нашей Галактике. Как уже говорилось, подходящие условия для существования молекул имеются в плотных газопылевых облаках межзвездной среды. Но температуры там очень низки,

не более 100 Кельвин, а в некоторых, особенно темных и плотных облаках, куда не проникает никакое излучение извне – даже до 10 К. Для накачки мазера, который представляет собой довольно энергичный процесс, этого недостаточно. Но есть в межзвездных облаках области, где условия для мазерного эффекта благоприятны. Темные облака – колыбель для звезд новых поколений. Под действием собственного тяготения газ образует в них сгустки, которые при дальнейшем сжатии превращаются в звезды. Когда звезда только формируется, ее окружает плотный "кокон" из газа и пыли. Потом звезда своим излучением прорвет и разбросает "кокон", станет видимой в оптическом диапазоне. Но пока, на ранней стадии, поглощение света в "коконе" слишком велико. Само рождение звезды скрыто от посторонних глаз. Увидеть в этом месте можно лишь компактный источник инфракрасного излучения или радиоизлучения. Доба-

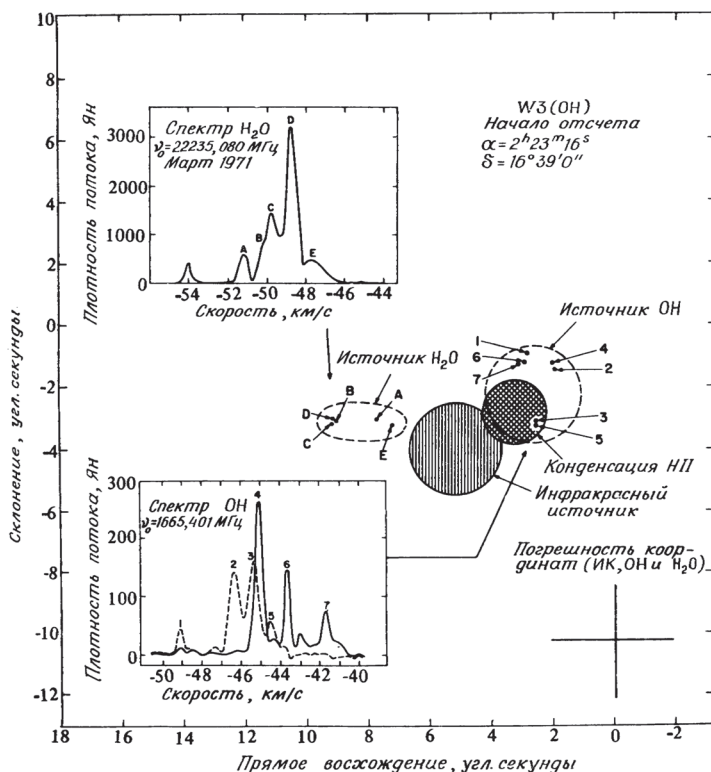


Рис. 3. Карта мазерных радиоисточников в линиях гидроксила и воды в области звездообразования W3 вблизи диффузной туманности IC 1795 в созвездии Персея на расстоянии около 2 кпк от Солнца. На вставках показаны профили мазерных линий OH и H₂O

вим: и молекулярного мазерного излучения. Теплый кокон звезды, светящийся в инфракрасном диапазоне, – источник энергии для мазера, он может хорошо "накачать" молекулы, которых много в плотном газе облака вокруг звезды. Итак, на ранней стадии звездообразования вблизи молодых звезд закипаются мазерные радиоисточники.

По межзвездным масштабам мазерные радиоисточники очень малы. Если при помощи радиоинтерферометра построить карту мазерного радиоисточника с высоким угловым разрешением, на ней мы увидим набор ярких пятнышек размерами в сотые и тысячные доли секунды дуги (рис. 3). Мазерные пятна движутся, их скорости относительно земного наблюдателя различны. Из-за эффекта Доплера частоты, на которых излучают пятна, смещены друг относительно друга. Из-за этого суммарный профиль линии, излучаемой мазером, имеет сложный вид и состоит из набора отдельных пиков. По величине смещения частоты $\Delta\nu$ относительно стандартного лабораторного значения ν_0 можно по известной формуле Доплера найти скорость движения объекта вдоль луча зрения: $V = -\Delta\nu c/\nu_0$ (c – скорость света).

Мазерные пятнышки собраны в "гнезда". Каждое гнездо – это "кокон" молодой звезды. Чаще всего такие мазеры встречаются в темных пылевых облаках вблизи ярких диффузных туманностей – облаков ионизованного газа вокруг молодых горячих звезд. Но те звезды, которые питают своим излучением накачку мазеров, еще моложе, они пока не "вылупились". Позднее и они освободятся от окружающей пыли и образуют вокруг себя диффузные туманности.

Со времени открытия мазеров OH и H₂O были проведены обзоры неба с целью систематического поиска новых мазерных радиоисточников. Основное внимание уделялось плоскости Млечного Пути, так как межзвездный газ и связанные с ним области образования звезд сосредоточены в диске Галактики, вблизи ее плоскости. Теперь каталоги уже известных мазеров OH и H₂O содержат свыше тысячи объектов.

Величины светимостей (то есть энергии, которую мазерный источник излучает за 1 секунду) мазерных радиоисточников H₂O в нашей Галактике обычно порядка 0.001–0.01L_☉, мазеров OH и того меньше (L_☉ – светимость Солнца, равная 4 · 10²⁶ Вт). Самый мощный водяной мазер в Галактике находится в области звездообразования W49N на расстоянии 14 кпк от Солнца. Его светимость $L \approx 1L_{\odot}$, при том, что Солнце излучает в очень широком диапазоне длин волн, от рентгена до радио, а у мазера W49N вся энергия сосредоточена в узком диапазоне вблизи частоты линии H₂O 1.35 см.

Многие близкие мазеры связаны с известными диффузными туманностями. Те, что подале, на расстояниях свыше 2–3 кпк, как правило, не отождествляются ни с какими оптическими объектами. Этому препятствует поглощение межзвездной пылью, особенно сильное в плоскости Галактики. На больших расстояниях наблюдения мазерных радиоисточников – едва ли не единственный метод исследования областей звездообразования в нашей звездной системе.

И еще об одном интереснейшем и очень полезном для астрономии свойстве мазерных радиоисточников. Космические мазеры не остаются неизменными. Со временем меняется их интенсивность. Некоторые мазерные пятна и соответствующие им пики в профиле линии пропадают, взамен

появляются новые. Те мазерные пятна, которые живут долго, не остаются на месте. Во многих мазерах они разбегаются в разные стороны от общего центра. Нетрудно догадаться, что такой центр – это молодая звезда, которая своим ветром разгоняет окружающий «кокон» и приводит сгустки мазерного вещества в движение (рис. 4).

Скорости разлета мазеров порядка нескольких десятков километров в секунду. При расстоянии до источника в несколько килопарсек угловые перемещения пятен в проекции на картинную плоскость – тысячные доли секунды дуги в год. Решение этой задачи под силу только интерферометрам со сверхдлинными, межконтинентальными базами. В частности, ряд таких измерений мазерных источников выполнен на американской интерферометрической системе VLBA. Система состоит из 10 радиотелескопов, расположенных на территории США, на Гавайских и Виргинских островах. Уже удалось измерить собственные движения мазерных деталей в нескольких галактических мазерах. Что это дает? Во-первых, мы получаем значения скоростей разлета вещества в окрестности молодой звезды, можем оценить, сколько вещества теряет при этом сама звезда. Кроме того, можно оценить расстояние до источника. По собственным угловым движениям определяется скорость деталей в картинной плоскости. По доплеровским смещениям в профиле линии мы находим скорости мазерных деталей вдоль луча зрения. Если предположить, что вся система мазерных деталей расширяется равномерно, сферически симметрично по всем направлениям, то максимальные скорости вдоль луча зрения и в картинной плоскости совпадают. Отношение первой скорости ко второй непосредственно дает расстояние до источника. Так, например, было оценено расстояние до мазера H_2O в Туманности Ориона – 480 пк, что прекрасно согласуется с расстоянием, найденным оптическими методами. Для мазера в молекулярном облаке Стрелец В2 вблизи галактического центра было получено расстояние около 7 кпк, что позволило уточнить всю шкалу расстояний в Галактике.

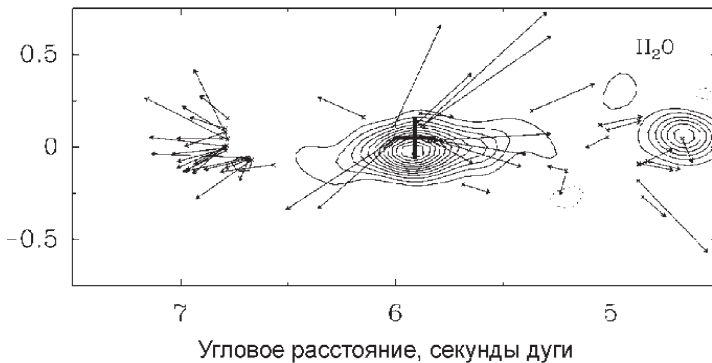


Рис. 4. Разлет мазерных пятен в водяном мазере W3. Стрелками показаны собственные движения пятен

Картина с быстрым разлетом мазерных деталей от общего центра характерна для окрестностей молодых звезд, массы которых заметно превышают массу Солнца (до 20-50 M_{\odot}). Среди мазеров есть много гораздо более «спокойных» объектов. Профиль линии у них на удивление правильный: центральный пик и на равных расстояниях от него по лучевой скорости симметрично расположенные боковые пики (рис. 5). Такой вид мазерной линии говорит о регулярных движениях вещества в окрестностях звезды. Точнее, можно говорить о том, что мазерные молекулы сосредоточены во вращающемся околозвездном газо-пылевом диске, который мы наблюдаем почти «с ребра». Диск образовался одновременно со звездой из остатков ее кокона. Пики в профиле линии излучаются сгустками в веществе диска, которые можно отождествить с протопланетными конденсациями. Таким образом, мазерное излучение позволяет нам увидеть картину зарождения планетной системы. По профилю линии можно даже

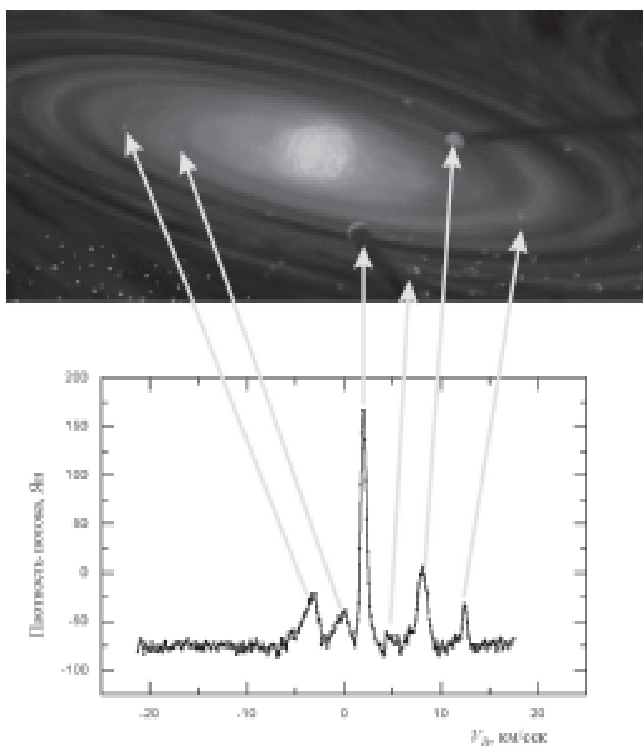


Рис. 5. Так может выглядеть протопланетный диск вокруг молодой звезды. Сгустки в нем – зародыши протопланет. Каждый из сгустков создает свою мазерную деталь в профиле линии H_2O , излучаемой такой протопланетной системой

оценить массу центральной звезды. Максимальные скорости в профиле относительно центрального пика – это орбитальные скорости наиболее близких к звезде мазерных конденсаций. Если удастся получить интерферометрическую карту такого мазера и измерить на ней угловые расстояния конденсаций от центра, то, зная расстояние до источника, мы получим радиусы орбит конденсаций R . Отсюда, применяя формулу для скорости в круговом кеплеровском движении, находим массу центральной звезды: $M_* = V^2 R / G$ (G – постоянная тяготения).

Мы очень подробно рассказали о свойствах мазерных источников нашей Галактики. Эти сведения пригодятся в дальнейшем изложении, когда речь пойдет о мазерах в других галактиках. Внегалактические мазерные радиосточники, излучающие в линиях OH и H₂O, сильно различаются по своим свойствам, поэтому расскажем о них по отдельности.

Мазеры OH в других галактиках. Внегалактические мазеры гораздо интенсивнее наших "родных" галактических. Им даны соответствующие названия. Так, мазеры со светимостями до $\approx 20 L_\odot$, называют киломазерами, мазерами, интенсивность которых в тысячи раз выше, чем у "стандартных" водяных мазеров нашей Галактики. Наиболее мощный водяной мазер в Галактике W49N попадает в категорию "киломазеров". Если светимость мазера еще больше, это особо мощные мазеры, или "мегамазеры", со светимостями до одного миллиона светимостей галактических мазеров L_{gal} . Наконец, найдены и такие мазеры, у которых мощность приближается к миллиардам L_{gal} . Это уже "гигамазеры".

Первые внегалактические мазеры были открыты в линии OH в 1973 году Австралийские радиоастрономы Уайтоук и Гарднер зарегистрировали мазерное излучение гидроксила в южных галактиках NGC 4945 и NGC 253. Обе они принадлежат к классу сейфертовских галактик. Сейфертовские галактики – это спиральные галактики с активными ядрами, названные в честь их первооткрывателя, американского астронома Карла Сейферта (1911–1960). Примерно 1% всех известных спиральных галактик принадлежит к сейфертовским. Их особенностями является наличие яркого звездоподобного ядра и широких эмиссионных линий в оптическом спектре, свидетельствующих о движениях газа вблизи ядра со скоростями в тысячи км/с. Еще один вид галактик, в которых часто обнаруживаются мощные мазерные источники – так называемые лайнеры, от английского сокращения LINER – Low-Ionization Nebular Emission Region (область небулярного излучения низкой ионизации). Само название говорит о большом количестве ионизованного газа. Есть ионизованный газ – есть и множество молодых звезд, идет активный процесс звездообразования. Хотя в целом лайнеры, может быть, и не столь активные галактики, как сейферты.

Первый мегамазер OH со светимостью в $400 L_\odot$ был найден в активной галактике Ayr 220 (IC 4553). Ayr 220 – примечательная галактика с двойным ядром, результат относительно недавнего слияния двух галактик. При таком объединении звездных систем в межзвездном газе возникают ударные волны, что резко повышает интенсивность образования новых звезд. Происходит как бы вспышка звездообразования, поэтому по-английски такие галактики и называются «starburst galaxies». Общая черта всех мегамазерных галактик – активный процесс звездообразования, что создает благоприятные условия для накачки мощного мазерного излучения.



Рис. 6. Двойное ядро мегамазерной галактики Ayr 220 (IC 4553 + IC 4554) – результат слияния двух галактик, приведшего к вспышке звездообразования (снимок Космического телескопа им. Хаббла)

отождествлений. Зато светимости таких галактик на волнах обзора IRAS порядка 100 мкм достигают $10^{12} L_{\odot}$ и более (для сравнения, светимость на 100 мкм «нормальной» галактики вроде нашей не превышает $10^9 L_{\odot}$). Если бы не мощное ИК-излучение, на них вряд ли обратили бы внимание. Так спутник IRAS помог выявить совершенно новую популяцию галактик.

Всего к настоящему времени обнаружено 95 внегалактических мазеров OH, большинство – в результате недавних обзоров далеких галактик на 300-метровом радиотелескопе в Аресибо (Пуэрто-Рико) и на новом 100-метровом радиотелескопе в Грин Бэнк (США). Среди мазеров OH есть несколько гигамазеров со светимостями в линии, превышающими $10^4 L_{\odot}$, в том числе IRAS 20100–4156 на красном смещении $z = 0.129$ и IRAS 12032+1707 на $z = 0.217$. У всех этих мегамазерных галактик светимости в дальнем ИК-диапазоне больше $2 \cdot 10^{12} L_{\odot}$. Самый яркий из открытых до сих пор гигамазер OH зарегистрирован в галактике IRAS 14070+ 0525 ($z = 0.265$), его светимость $14000 L_{\odot}$.

По своим свойствам к мегамазерам OH примыкает и единственный пока известный мегамазер на молекулах формальдегида H_2CO в галактике Ayr 220, излучающий линию на волне 6.2 см.

Из сказанного можно сделать некоторые общие выводы. Мегамазеры на молекулах OH (и мегамазер на молекуле H_2CO) усиливают радиоизлучение диска и ядра некоторых ярких инфракрасных галактик. Возбуждаются мегамазеры OH, вероятно, ИК-излучением нагретой пыли в дисках галактик, охваченных звездообразованием. Есть надежда продвинуться в поиске гигамазеров OH еще дальше и достичь красных смещений z порядка четверки, что дало бы интереснейшую информацию о ранних стадиях звездообразования в галактиках.

Внегалактические мазеры H_2O . В 1976 г. был открыт первый внегалактический мазер H_2O . Он был найден в диске спиральной галактики Местной Группы M33 (в созвездии Треугольника), вблизи гигантской туманности IC 133 (рис. 7). Наряду с Туманностью Андромеды (M31), M33 – одна

Один из признаков «starburst» – ИК-избыток в спектре галактики. Межзвездная пыль нагревается излучением многочисленных молодых звезд и переизлучает энергию в инфракрасном диапазоне. Многие мегамазеры OH связаны с галактиками, которые обозначаются сокращением ULIRG (Ultra Luminous InfraRed Galaxies – инфракрасные галактики сверхвысокой светимости). Большинство их было обнаружено при обзоре неба на волнах дальнего ИК-диапазона 12, 25, 60 и 100 мкм, выполненного в 1983 году спутником IRAS (InfraRed Astronomy Satellite). Эти галактики находятся так далеко и(или) настолько «запылены», что почти не видны в оптическом диапазоне, многие не имеют оптических

из ближайших соседей нашей Галактики: расстояние до нее около 800 кпк. Далее, нашли мазер H_2O примерно той же интенсивности в галактике IC 342 на расстоянии 3 Мпк от нас. Одна из близких мазерных галактик, где найдены "рядовые", не слишком мощные водяные мазеры H_2O , – M51 (NGC 5194) в созвездии Гончих Псов, знакомая по картинкам из учебников. Расстояние до нее 6.5 Мпк. Это одна из красивейших спиральных галактик, ее еще называют "Космический водоворот". Сильно развитая спиральная структура, скорее всего, вызвана взаимодействием со спутником M51 – маленькой галактикой слева от нее. Мощность водяного мазера в M51 не очень велика, порядка $1L_\odot$, то есть сравнима со светимостью источника W49N в нашей Галактике. "Стандартные" водяные мазеры наблюдались также в Большом и Малом Магеллановых Облаках и в близкой галактике IC 10. Все эти источники относятся к классу "киломазеров" типа нашего знакомого W49N. Вероятно, по природе они похожи на "обычные" мазеры в областях звездообразования нашей Галактики.

Киломазеры в ближайших галактиках уже исследованы достаточно подробно, с высоким угловым разрешением на радиоинтерферометрах со сверхдлинными базами. Так, мазеры H_2O вблизи туманностей IC 133 и M33/19 в диске M33 картографировались неоднократно в течение последних 14 лет. Путем сравнения карт мазеров, полученных в разные эпохи, удалось определить собственные движения отдельных мазерных деталей подобно тому, как это было сделано для мазеров в нашей Галактике (см. рис. 4). Благодаря этому, было получено следующее: 1) методом статистического параллакса уточнено расстояние до M33 (800 ± 180 кпк, в прекрасном согласии с другими оценками); 2) по обще-



Рис. 7. Мазеры H_2O в галактике Местной Группы M33 (NGC 598) и их собственные движения

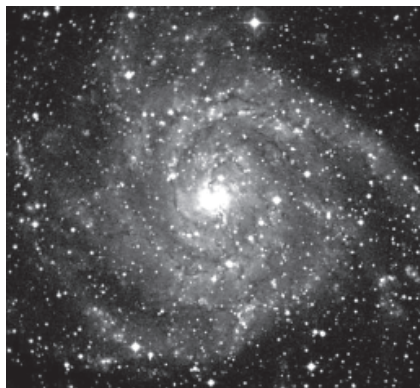


Рис. 8. Галактика IC 342 в созвездии Жирафа, принадлежащая к группе галактик Маффеи (названной так по имени первооткрывателя). Несмотря на относительную близость к нам, IC 342 выглядит очень слабой, так как близка к плоскости Млечного Пути, и ее свет испытывает сильное поглощение пылью внутри нашей Галактики

му собственному движению групп мазерных конденсаций оценена скорость вращения М33; 3) найдено собственное движение галактики М33 как целого. Полученные результаты просто удивительны по своей точности. Ведь на расстоянии М33 собственные движения мазерных деталей в ней не превышают 30 миллионных долей секунды дуги в год. Приводится такое сравнение: улитка на Марсе перемещалась бы для земного наблюдателя с угловой скоростью в 100 раз большей. Теперь на очереди продолжение экспериментов с целью определить траектории движения М33 среди других галактик Местной Группы. Считается, что М33 – спутник М31 (Туманности Андромеды). Возможно, в прошлом М33 в результате близкого прохождения около М31 могла потерять часть своего состава.

Мега- и гигамазеры H_2O в других галактиках. Новый этап в исследовании внегалактических водяных мазеров начался в 1979 году, когда был обнаружен гораздо более интенсивный мазер H_2O в галактике NGC 4945 (напомним, в ней ранее уже был открыт мегамазер OH). Плотность потока в линии H_2O от нее составляла 10 янских (1 янский = 10^{-26} Вт/м²Гц), что не так уж плохо и для мазера в нашей Галактике при том, что NGC 4945 в тысячи раз дальше «наших» водяных мазеров. Следовательно, собственная мощность мазера H_2O в NGC 4945 (около 240 L_{\odot}) в миллионы раз больше, чем у «средних» галактических мазерных источников. Это – первый из водяных мегамазеров, найденных за пределами нашей Галактики. При дальнейшем обзоре южных галактик был найден мегамазер H_2O со светимостью 37 L_{\odot} в сейфертовской галактике в созвездии Циркуля. Галактика Циркуля (Circinus), не имеющая собственного имени или номера, находится близко к нам, на расстоянии всего лишь в 5 Мпк. Несмотря на это, она была замечена астрономами только 25 лет назад, так как ее свет испытывает сильное поглощение пылью вблизи плоскости нашего Млечного Пути. Позднее мегамазеры H_2O были найдены еще в нескольких сейфертовских галактиках.

Среди мазерных есть две эллиптические галактики: NGC 1052 (в созвездии Кита) и TXS 2226–184, о которой речь еще пойдет дальше. Само по себе обнаружение мазеров в эллиптических галактиках достаточно неожиданно. Как правило, эти галактики очень бедны межзвездным газом. Процесс звездообразования в них давно закончился, и трудно было ожидать в них наличие мазеров. Две упомянутых галактики составляют исключение. Газа в них много, и это опять же наводит на мысль о случаях каннибализма в мире галактик. Возможно, что в недавнем прошлом эти галактики поглотили своих соседей, более богатых газом, и сейчас идет переработка «съеденного» газа в звезды, сопровождаемая мазерным излучением.

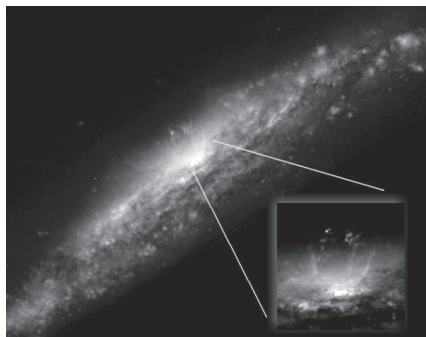


Рис. 9. Галактика NGC 3079 – еще один пример мегамазерной сейфертовской галактики. На вставке в увеличенном виде показан выброс светящегося газа из ядерной области галактики

Чем дальше от нас, тем более мощные мазеры встречаются. Впрочем, пока гигамазеров H_2O найдено меньше десятка. В том числе мощный мазер H_2O есть в вышеупомянутой эллиптической галактике, связанной с радиоисточником TXS 2226–184 (TXS – обзор радиоисточников на частоте 365 МГц, выполненный на радиоинтерферометре Техасского университета, США). Ее красное смещение $z = 0.025$, а светимость мазера H_2O достигает $6100 L_{\odot}$ – настоящий гигамазер!

Интересно вспомнить, что автор данной статьи еще в 1970-х годах предполагал возможность наблюдения сверхмощных мазеров на больших красных смещениях, в эпоху массового звездообразования в молодых галактиках. В это время целые галактики могли быть охвачены мегамазерным гидроксильным излучением, а отдельные пятна в них, вблизи самых активных областей образования звезд, ярко светили в линии воды. Правда, это было бы всё же не первое, а второе поколение звезд в галактиках. Мегамазеры требуют наличия большого количества молекул OH и H_2O , а «сделать» их можно только если в галактике достаточно кислорода. А кислород появится после того, как вещество первичного состава Вселенной (водород и немного гелия) пройдет ядерную переработку в звездах первого поколения, и будут синтезированы более тяжелые элементы. К сожалению, тогда эти соображения автора не были опубликованы. Позднее В.В. Бурдюжа и Б.В. Комберг рассмотрели вопрос заново и пришли к выводу о возможности существования мегамазеров на космологических расстояниях. В последние годы данная гипотеза получает наблюдательное подтверждение. Пример тому – недавно обнаруженное мазерное радиоизлучение H_2O в квазаре J0804+3607 на красном смещении $z = 0.66$. Светимость мазера в этом квазаре $23000 L_{\odot}$. По приведенной выше классификации, это также гигамазер. Пока это рекорд среди внегалактических мазеров, и по мощности, и по удаленности от нас.

Водяные мегамазеры достаточно редки. К настоящему времени в результате обзоров нескольких тысяч галактик открыто 70 мазеров H_2O , из них около 60 могут считаться мега- или гигамазерами.

Мазеры и сверхмассивные черные дыры. В активных галактиках (большинство которых относится к классу сейфертовских) излучение H_2O сосредоточено вблизи ядер. Это дало основание предполагать связь найденных мазеров с областями звездообразования в центральных частях галактик. Однако не удавалось объяснить интенсивность излучения мегамазеров простым сложением большого числа отдельных источников типа W49N. Мегамазеры оказались переменными, причем их интенсивность заметно менялась за время порядка месяцев. Подобная переменность наблюдается и в галактических мазерах типа Туманности Ориона или того же W49N. Однако если таких мазеров много (а требуется их многие тысячи, чтобы объяснить общий поток излучения в линии) и они меняют свою интенсивность независимо друг от друга, то эти независимые изменения усредняются, и общий поток практически не меняется. Приходилось признать, что мазеры сосредоточены в очень малом объеме, в некотором объекте вблизи ядра галактики.

В 1992 году японские радиоастрономы Н. Накаи, М. Иноуэ и М. Миёси обнаружили при помощи 45-метрового радиотелескопа Обсерватории Нобеяма, что вблизи ядра сейфертовской галактики NGC 4258 излучение в линии H_2O имеет разброс скоростей до ± 1000 км/с относительно

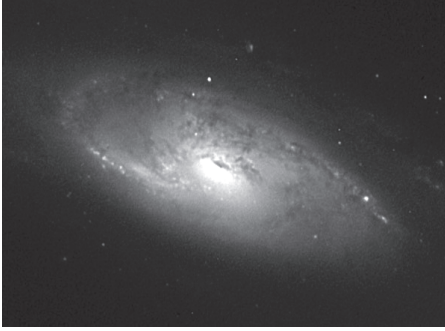


Рис. 10. Фотография галактики NGC 4258 (M106). Это типичный пример сейфертовской галактики. Ее активное ядро, содержащее массивную черную дыру, — яркий источник рентгеновского и радиоизлучения, в том числе мазерного излучения в линии H_2O

центра линии. Наблюдения на радиоинтерферометре со сверхдлинной базой показали, что все мазерные детали находятся в компактной области размером в доли парсека, а распределение скоростей деталей согласуется с кеплеровским движением вокруг тела с массой $3.6 \cdot 10^7 M_{\odot}$. Единственное возможное объяснение: мазерные детали H_2O в NGC 4258 сосредоточены в тонком, слегка искривленном молекулярном диске, наблюдаемом почти с ребра, а в центре находится массивная черная дыра (рис. 10). Вдоль оси диска направлен выброс вещества, видимый в непрерывном радиоспектре. Такие же компактные мазерные диски най-

дены в центре галактик NGC 1068, NGC 3079, галактики в Циркуле и ряда других. Наблюдения мазеров H_2O в центральных областях галактик — на сегодняшний день одно из прямых доказательств существования сверхмассивных черных дыр в ядрах галактик.

Итак, мазеры в других галактиках — одно из удивительных открытий последних лет. Выражаясь техническим языком, молекулярные мегамазеры — это природные радиомаяки, радиопередатчики, мощность которых достигает 10^{31} Вт. В принципе такой «передатчик» можно обнаружить у самых границ наблюдаемой части Вселенной. Мегамазеры позволяют нам «выхватить» из множества галактик те, где нарушено спокойствие — сталкивающиеся, сливающиеся галактики, в которых резко повышена скорость возникновения молодых звезд. В галактике, охваченной звездообразованием, весь диск может «светиться» в мазерных радиолниях гидроксила. Напротив, яркие точки, видимые в линии молекулы воды, высвечивают компактные области, где происходят наиболее бурные процессы, например, самые окрестности сверхмассивных черных дыр. Скорости, с которыми движутся сгустки, позволяют измерить массу черной дыры в центре галактики. Никакими другими средствами, кроме спектральной радиоастрономии, определить это пока невозможно. Разумеется, сверхяркие молекулярные мазеры, да еще в близком соседстве с черными дырами — уникальное явление. Однако не стоит пренебрегать и более скромными объектами. Не только супер-, гига-, мегамазеры, но и самые рядовые, киломазерные мазерные радиоисточники в других галактиках очень важны для нас. Во внегалактической астрономии они могут сыграть ту же роль, что и цефеиды, послужить маяками, для определения шкалы расстояний, уточнения постоянной Хаббла и построения картины видимой части Вселенной.

ГРАВИТАЦИОННЫЕ ЛИНЗЫ

И.Л.Андронов

Гравитация – одна из основных сил, управляющих миром. С нею человек знакомится с самого рождения, поскольку, чтобы не упасть, необходимо этой силе противостоять. Брошенный горизонтально камень летит по траектории, отклоняющейся к Земле, т.е. к центру притяжения.

Если увеличивать его начальную скорость, то он будет падать все дальше и дальше от начальной точки. При некоторой скорости, называемой «первой космической», кривизна его траектории станет равной кривизне Земли, и он уже не упадет, а будет обращаться по круговой орбите, как спутник. Конечно, если пренебречь сопротивлением атмосферы. При еще большей скорости, траектория становится эллипсом, вытянутым от исходной точки. А центр притяжения находится в так называемом «фокусе» эллипса. Степень вытянутости характеризуется эксцентриситетом e . Для окружности $e=0$, для эллипса $0 < e < 1$. Формально знак "минус" у эксцентриситета на рис. 1 характеризует приближение к центру.

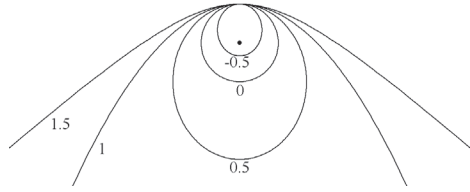


Рис. 1. Орбиты в приближении классической механики. Числа показывают эксцентриситет

При еще большей скорости, называемой «второй космической» траектория становится параболической ($e=1$), уходящей в бесконечность. Если же скорость превышает «параболическую», то траектория имеет форму гиперболы ($e > 1$), причем скорость «на бесконечности» превышает ноль, в отличие от параболического случая.

В классической физике Ньютона можно рассматривать излучение как поток частиц света – фотонов. В этом случае также происходит отклонение луча света вблизи гравитирующего тела. «На бесконечности» свет движется со скоростью света, поэтому движение, в рамках классической теории, происходит по гиперболе. Согласно же теории относительности, траектория более сложная. Семейство таких траекторий показано на рис. 2.

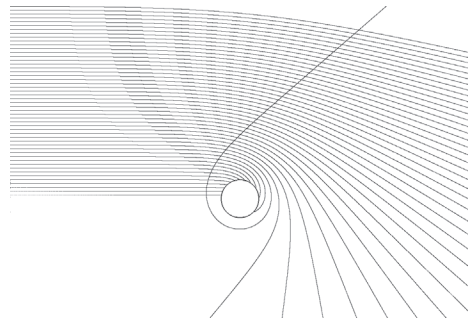


Рис. 2. Траектории движения света в общей теории относительности. Окружность показывает размеры «черной дыры»

На больших расстояниях движение почти прямолинейно. С приближением к гравитирующему телу угол отклонения увеличивается. Луч может быть не только «отброшен назад», как в случае классического приближения, но и сделать несколько оборотов вокруг центра, а потом улететь. Конечно, возможен и захват луча «черной дырой».

Именно исследование этого эффекта отклонения луча света и поставила своей целью экспедиция Артура Эдингтона в 1918 году. Во время полного солнечного затмения на краткое время становятся видны яркие звезды. Из-за гравитационного отклонения, звезды кажутся смещенными от центра притяжения. Для малых значений углов отклонения γ , его величина в радианах составляет всего лишь $\gamma=4GM/c^2r$, где $G = 6.68 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{с}^2$ – гравитационная постоянная, M – масса объекта, r – минимальное расстояние до траектории, $r_g = 2GM/c^2 = 2.96 (M/M_\odot) \text{ км}$ – «гравитационный радиус», который имел бы объект массой M , если бы был «черной дырой», а вторая космическая скорость равнялись бы скорости света. В результате экспедиции было получено, что величина угла в секундах $\gamma'' = 1.76''(R_\odot/r)$, в точном соответствии с общей теорией относительности (ОТО), а не с механикой Ньютона, которая предсказывала ровно в два раза меньшее значение. Это был один из триумфов ОТО, опубликованной в 1916 году, 90-летие которой отмечается в 2006 году. Конечно, столь малые углы отклонения заметны только при точных определениях координат, и обычно не вносят существенных отклонений в вид изображения.

Однако, во Вселенной существуют и объекты, для которых искажения становятся весьма существенными. Для примера на рис. 3 черточками показаны модельные смещения звезд от положения притягивающего объекта.

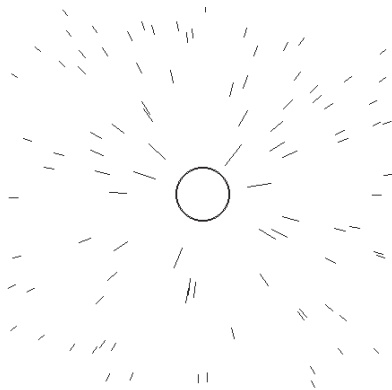


Рис. 3. Схема отклонений луча света при гравитационном линзировании. Отрезки соединяют положения невидимого «истинного» (более близкого к центру) и видимого изображений. С удалением от центра, «отталкивание» уменьшается

На схематическом рисунке 4 видно, что угол между направлением на гравитирующий центр и наблюдаемым лучом α_1 связан с углом γ простым геометрическим соотношением $\gamma = 2r_g/R_1 \alpha_1$.

С учетом зависимости $(R_1+R_2)\alpha = (R_1+R_2)\alpha_1 - \gamma R_2$, для очень малых углов (обычно несколько секунд дуги) это приводит к уравнению $\alpha_1^2 - \alpha_0^2 - 4\alpha_0^2 = 0$, где введено обозначение $\alpha_0^2 = GMR_2/R_1(R_1+R_2)$. Здесь углы α и γ выражены в радианах. Но, как известно, квадратное уравнение имеет два корня: $\alpha_1 = (\alpha_0^2 + 4\alpha_0^2)^{1/2}/2$ и $\alpha_2 = (\alpha_0^2 - 4\alpha_0^2)^{1/2}/2$. Таким образом, наличие гравитационного отклонения должно приводить к тому, что наблюдаются два изображения по обе стороны от гравитационной линзы.

Особый интерес представляет случай, когда все три объекта находятся на одной прямой. Через прямую можно провести бесконечное количество плоскостей, и в результате вместо двух изображений наблюдатель может увидеть кольцо вокруг гравитационной линзы, угловой радиус которого будет равен α .

Учитывая, что между далекими звездами и Землей много звезд, то можно было бы ожидать множество многократно раздвоенных изображений. Но этого не происходит. Так в чем же парадокс?

Во-первых, второй луч может проходить столь близко к центру звезды, что поглощается ее атмосферой. С другой стороны, второе изображение может быть слишком слабым по сравнению с «основным». На рис. 5 показаны исходное и два искаженных изображения «лестницы». Впрочем, ее можно рассматривать как наложение кадров анимации, при котором квадрат последовательно сдвигается на величину, равную его ребру. Анимации таких и значительно более сложных изображений создают студенты 5 курса астрономического отделения физического факультета Одесского национального университета на компьютерном практикуме по релятивистской астрофизике.

С научной точки зрения, это соответствует изменению взаимного расположения объекта и линзы из-за их пространственного движения. При просмотре анимаций возникает ощущение движущейся «улитки» – при приближении к линзе изображение приподнимается, как бы переползая через возвышение, а потом спускается с него. На больших расстояниях, «основное» изображение практически совпадает с «исходным».

Следует отметить, что, поскольку оба видимых изображения, невидимое «истинное» и гравитационная линза находятся на одной прямой, то находящаяся слева от центра точка на первом изображении будет справа на втором и наоборот. Т.е., кроме деформации, во втором изображении протяженного объекта наблюдается «зеркальное отражение» относительно линии, соединяющей центры изображений.

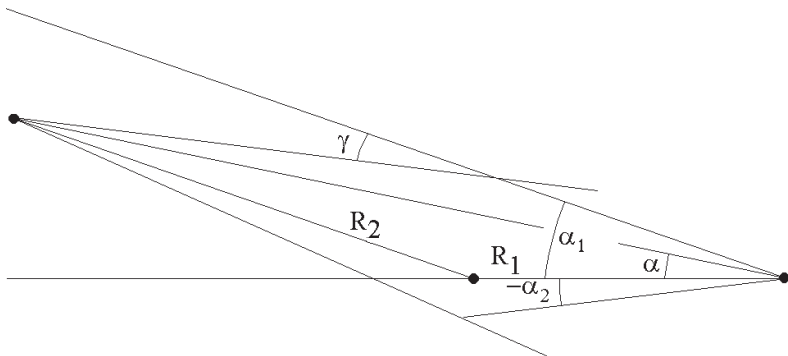


Рис.4. Схема движения лучей при гравитационном линзировании. Обозначения углов и расстояний соответствуют приведенным в формулах

Согласно механике Ньютона, скорость должна увеличиваться при приближении к центру, достигая максимума при наименьшем расстоянии. Согласно же теории относительности скорость не может превышать скорость света, поэтому увеличение кинетической энергии фотона в ОТО связано с увеличением его частоты. Кроме того, существует еще один релятивистский эффект замедления времени в сильном гравитационном поле. В результате, для внешнего наблюдателя, пролет фотона вблизи гравитационного центра занимает больше времени, чем в случае классической механики.

Два изображения одного и того же объекта возникают в результате прохождения лучей по различным траекториям, поэтому время движения от источника к наблюдателю различается. ОТО учитывает не только разность длин траекторий, но и эффект замедления времени. В результате задержка по времени второго луча равна

$$\Delta t = (R_1(R_1 + R_2)\alpha(\alpha^2 + 4\alpha_0^{-2})^{1/2} / 2R_2 + 2r_g \ln(\alpha_1 / (-\alpha_2)) + r_g(R_1 + R_2)\alpha / 2R_2)$$

и для реально наблюдаемых объектов составляет несколько месяцев. Например, вспышка излучения объекта сначала наблюдается на первом изображении, и лишь через время Δt – на втором. Это является еще одним подтверждением ОТО.

Конечно, естественно, возникает вопрос: а почему данное явление называется гравитационным линзированием? В самом деле, обычная линза собирает параллельный поток света в одну точку, называемую фокусом. И в этом случае угол отклонения увеличивается с расстоянием от оптической оси (рис. 6). В гравитационной линзе, скорее, происходит нарушение прямолинейности, но никак не фокусировка. Однако, общее с линзой все же существует, и связано это с эффектом усиления излучения.

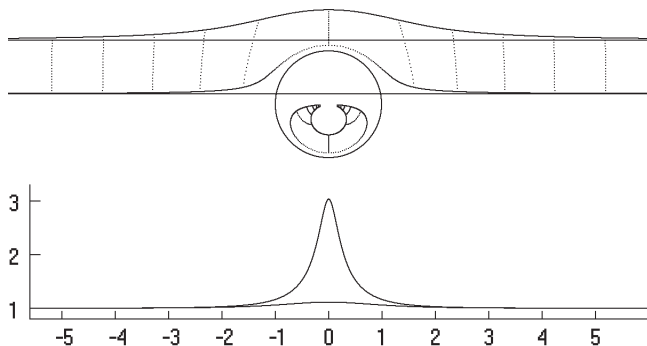


Рис.5. *Вверху*: неискаженное и два искаженных изображения при гравитационном линзировании. Радиус окружности равен α_0 - радиусу кольца, наблюдаемого, если источник, линза и приемник находятся на одной прямой. *Внизу*: коэффициент усиления Γ_1 для верхней и нижней линии в зависимости от расстояния (в единицах α_0). Значение Γ_1 увеличивается с приближением к гравитирующему центру

Как видно на рис. 5, изображение квадрата деформируется, и телесный угол его изображения отличается от «истинного». Отношение этих величин равно $\Gamma = (\alpha_0/\alpha)^2 / (1 + 4\alpha_0^2/\alpha^2)^{1/2}$, и равно единице при больших $\alpha \gg \alpha_0$ и увеличивается до бесконечности с уменьшением α . Для второго изображения соответствующий коэффициент Γ_2 увеличивается от нуля до единицы, т.е. второе изображение слабее исходного. Таким образом, для первого изображения, видимый с источника телесный угол наблюдателя в Γ_1 раз больше неискаженного, поэтому в это же число раз будет большим поток регистрируемого излучения. Только в этом смысле можно условно говорить и о локальной «фокусировке», и об «увеличении», и сравнивать с классической оптической линзой.

Обнаружить такое проявление усиления можно, изучая возможную переменность звезд. Их излучение может быть постоянным, но наблюдатель может зарегистрировать изменение, связанное с относительным движением источника, линзы и приемника. Причем такое усиление будет происходить, если сам гравитирующий центр невидим, например, вследствие слишком слабого излучения. Поиск таких невидимых объектов важен для выяснения вопроса о так называемой «скрытой массе», которая проявляется по наличию гравитации, но не регистрируется в электромагнитном диапазоне. С этой целью проводятся патрульные наблюдения (мониторинг) областей неба с повышенным количеством звезд (проекты OGLE и др.). После нескольких лет наблюдений все объекты разбивают по классам – постоянные, переменные звезды, события гравитационного линзирования, прохождения внесолнечных планет по диску центральной звезды. Анализируя профиль вспышки, соответствующей линзированию, можно определить параметры модели – относительную скорость движения линзы вдоль линии, соединяющей источник и приемник, минимальное относительное (в единицах α_0) угловое расстояние. Для определения абсолютных характеристик необходимы дополнительные исследования – определения расстояний R_1 и R_2 (например, по красному смещению для случая квазар – галактика) и др. Для более точного моделирования необходимо учитывать распределение яркости по диску неточечного источника излучения.

Недавно было обнаружено еще одно интересное проявление гравитационного линзирования – асимметрия профиля вспышки. При равномерном движении источника, линзы и приемника такое невозможно. Однако, Земля вращается вокруг Солнца, и поэтому ее движение в пространстве не является прямолинейным. Этот эффект ранее наблюдался по периодическому смещению видимых положений ближайших звезд (параллакс) и их лучевых скоростей, и соответствующим образом учитывался

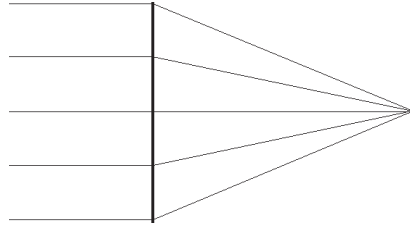


Рис. 6. Схема движения лучей при оптическом линзировании. В отличие от гравитационной линзы, угол отклонения возрастает с увеличением расстояния от оптической оси

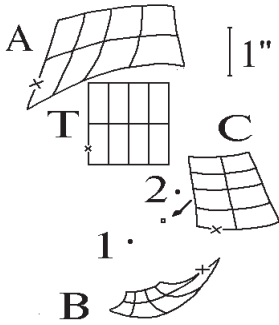


Рис. 7. Тройное изображение после действия двойной гравитационной линзы

при обработке наблюдений. В гравитационных линзах этот эффект важен для определения их характеристик.

Солнце может быть использовано, как гравитационная линза, не только при наблюдениях с Земли. Через несколько десятилетий космический аппарат «Пионер», удаляющийся от Солнечной Системы, достигнет расстояния, когда при помощи линзирования Солнцем можно будет исследовать далекий квазар.

Следует отметить, что гравитационному линзированию подвержено электромагнитное излучение всех диапазонов – от гамма-, рентгеновского, ультрафиолетового до оптического, инфракрасного и радио.

На рис. 8 показано изображение скопления галактик. Интерес вызывают продолговатые структуры, характеризующиеся более высокой цветовой температурой. На рис. 9 в том же масштабе мы выделили эти участки изображения. Они интерпретируются, как изображения более далекого квазара, искаженные гравитационным линзированием. Некоторые из изображений расщеплены линзированием отдельных галактик.

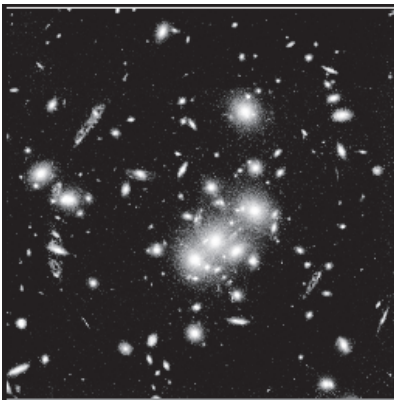


Рис. 8. Скопление галактик 0024+1652, наблюдавшееся на телескопе «Хаббл»

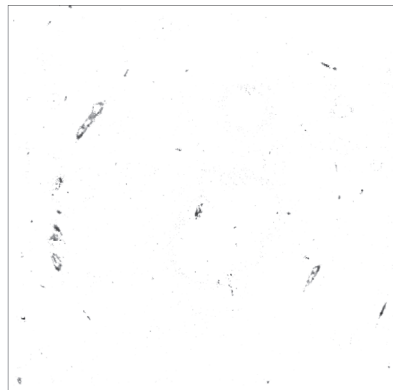


Рис.9. «Горячие» объекты в области, показанной на рис. 8. Большинство из протяженных объектов являются результатом гравитационного линзирования.

Конечно, модель одиночной точечной гравитационной линзы со сферически-симметричным полем может быть усовершенствована во многих направлениях. Во-первых, «одиночность». Космические объекты объединены в структуры, поэтому гравитационное линзирование наблюдается и в этом, более сложном случае. Для двойной гравитационной линзы возникает 3 изображения, существенно отличающиеся по размерам и яркости, если расстояние между ними не слишком превышает их «эффективный угловой радиус» α_0 . Пример такой деформации изображения показан на рис. 7. При больших расстояниях каждая линза действует «самостоятельно», и количество изображений будет по два на каждый центр.

Модель линзирования на шаровых скоплениях развивает в Одессе А.В.Ющенко. Отмечая повышенную наблюдаемую численность квазаров вблизи изображений галактик, он объясняет, по крайней мере, часть квазаров гравитационным линзированием.

Другой тип множественного линзирования связан с неоднократным изломом траектории фотона при последовательном прохождении вблизи различных гравитирующих центров. Этот эффект «размыwania» изображений усложняет исследование таких сверхдалеких объектов.

Предположение о «точечности» линзы неприменимо и в случае, когда траектория проходит не мимо, а через галактику или шаровое скопление. В последние годы обсуждается и отклонение луча света вблизи экзотических «космических струн».

Астрофизика – это бурно развивающаяся наука, исследующая поведение Материи в недостижимых для земных лабораторий условиях. И гравитационные линзы – одно из ее перспективных направлений.

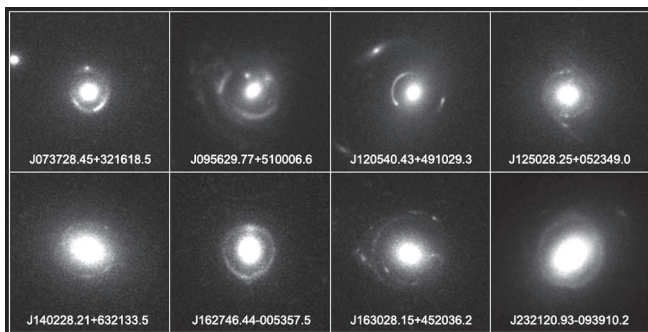


Рис. Астрономы обнаружили 19 новых гравитационно линзированных квазаров, используя снимки космического телескопа "Hubble" и Слоановского цифрового обзора неба (SDSS). 8 из них – это так называемые "кольца Эйнштейна", когда более близкая галактика и отдаленный квазар точно находятся на одной линии. Близлежащая галактика действует как линза, гравитационно усиливая свет от квазара.

ХИМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ГАЛАКТИКИ

Т.В. Мишенина

Химическая эволюция отражает обогащение межзвёздной среды (МЗС) химическими элементами на протяжении жизни Галактики. Она непосредственно связана с её динамической эволюцией и формированием Галактики и её подсистем. Мы рассмотрим последовательно современные концепции её формирования, основные источники обогащения химическими элементами и положения моделирования химической эволюции.

Наша Галактика, Млечный Путь – огромная, гравитационно связанная система, содержащая около 200 миллиардов звёзд (из которых лишь 2 миллиарда звёзд доступно наблюдениям), тысячи гигантских облаков газа и пыли, скоплений и туманностей. Она пронизана магнитными полями, заполнена частицами высоких энергий – космическими лучами. Звёзды Галактики образуют в пространстве плоский диск с шарообразным утолщением в центре (иногда его называют балдж). Поперечник диска составляет ~ 30 кпк, балджа ~ 4 кпк. Диск с балджем окружены звёздным гало (сферической подсистемой) протяжённостью ~ 20 кпк по радиусу. От центральной области к периферии диска отходят спиральные рукава, которые очерчены наиболее яркими звёздами и газо-пылевыми облаками. В соответствии с этой особенностью структуры её относят к широко распространённому классу спиральных галактик. Вид и схема строения Галактики приведена на рис. 1.

Формирование и структура Галактики. Модели химической галактической эволюции базируются на тех или иных концепциях формирования Галактики, анализируя двух- или многокомпонентную её структуру. Что касается галактик в целом, то теории их формирования должны учитывать большое разнообразие наблюдаемой структуры галактик: от неправильных карликовых галактик до больших спиралей; от карликовых галактик низкой светимости до эллиптических галактик высокой светимости.

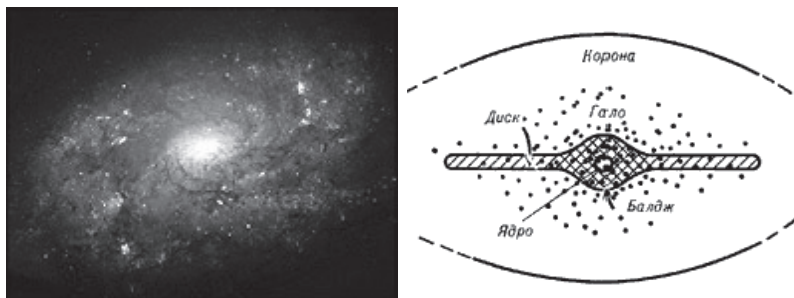


Рис. 1. Галактика, подобная нашей, и схема строения нашей Галактики (вид «с ребра»)

В настоящее время широко известны два сценария образования Галактики: из коллапсирующего газового облака и путем слипания отдельных фрагментов. Для объяснения происхождения той или иной составляющей Галактики часто используются оба сценария. Согласно первому сценарию, Галактика сформировалась из протогалактики – медленно вращающегося водородно-гелиевого газового облака, начальные размеры которого в десятки раз превосходили современные размеры Галактики. Это облако практически свободно сжималось под действием собственной гравитации (коллапсировало), и в процессе сжатия рождались первые звёзды. Характерное время свободного сжатия – 1 млрд. лет.

Для дальнейшей эволюции важным оказалось различие в изменении энергии у звёздной и газовой составляющей Галактики. Выделяющаяся при сжатии гравитационная энергия переходила в кинетическую энергию движения звёзд и газа. Рост кинетической энергии звёздной составляющей довольно быстро остановил её сжатие. Поэтому старые звёзды, родившиеся в начале сжатия протогалактики, в значительной степени сохранили сферическое распределение в пространстве, характерное для вещества протогалактики, а также начальное распределение момента вращения. Эти звёзды образовали слабовращающееся гало. Настоящий сценарий объяснил наблюдаемую корреляцию между эксцентриситетом орбит звёзд и содержанием металлов (т.н. металличностью) в звёздах карликах.

Газ же терял приобретаемую кинетическую энергию в столкновениях газовых облаков и продолжал свободно сжиматься. Когда размеры газовой составляющей уменьшились в несколько раз, эти силы уравновесили силу гравитации и остановили сжатие газа в плоскости вращения. Вдоль оси вращения сжатие продолжалось, что в итоге привело к созданию тонкого газового диска. Родившиеся в нем звёзды и образовали быстровращающуюся дисковую подсистему.

Параллельно с формированием подсистем шло обогащение межзвёздной среды тяжелыми элементами. Звёзды диска образованы из вещества, прошедшего через термоядерные реакции в недрах звёзд и обогащенного тяжелыми элементами. Поэтому звёзды диска в целом богаче тяжелыми элементами, чем образовавшиеся ранее звёзды сферической составляющей (гало). По той же причине молодое население диска содержит больше тяжелых элементов, чем старое.

Однако, обнаруженные две подсистемы шаровых скоплений, различающиеся кинематическими и химическими параметрами, не укладывались в сценарий коллапсирующего облака. Был предложен другой сценарий, в котором шаровые скопления и звёзды гало образовались из фрагментов, слипшихся затем с базовым фрагментом на промежутке времени большем, чем 1 млрд. лет. В случае быстрого коллапса мы вправе ожидать наличие корреляции между возрастом и содержанием металлов в звёздах гало и шаровых скоплений, радиального градиента металличности, подобия в распределении обогащения тяжелыми элементами подструктур Галактики. Недавние наблюдательные данные предоставляют возможность реализации второго сценария – это обнаружение «внешнего» и

«внутреннего» гало с различающимися плотностью, кинематикой и средним возрастом, высокоскоростных низкометаллических звёзд гало с признаками различного обогащения. По мере накопления новых наблюдательных данных и более глубокого понимания физических процессов сценарии эволюции изменяются и более адекватно описывают Галактику.

В настоящее время формирование массивных спиральных галактик подобно нашей, рассматривается как следствие иерархического объединения субгалактических темных гало с последующей аккрецией барионного газа. Численные расчёты, основанные на данной картине, воспроизводят характерные особенности дисковых галактик – массивное гало (корона), состоящее из тёмной материи, звёздное гало и звёздный диск.

Более молодой, чем гало, структурой Галактики является диск, который разделяется на тонкий и толстый диски. Самый молодой – тонкий диск, оценка его возраста по функции светимости белых карликов даёт величину 10 млрд. лет с точностью 15%. Данные по нейтральному водороду HI свидетельствуют о существовании искривления диска, которое накладывает ограничение на время его жизни (временную шкалу). При этом звёзды ведут себя иначе, чем газ (т.е. не показывают искривления формы диска). Искривление может быть обусловлено взаимодействием между диском и близкими галактиками, например, Магеллановыми Облаками или притоком межгалактического газа.

Оценки возраста толстого диска и определение его основных характеристик более разноречивы, чем в случае тонкого диска. Так, приведенные оценки возраста толстого диска на основе исследований химического состава от 8 млрд. лет до 13 млрд. лет, а кинематические определения дают значение 9 млрд. лет. Отсутствие химического и кинематического градиентов и большого разрыва в свойствах толстого диска и гало (шкала высот, вращательные скорости) отбрасывает гипотезы формирования толстого диска в результате диссипативного коллапса и поддерживает идею формирования посредством сильного нагрева первоначально тонкого диска, индуцированного слипанием со спутниками Галактики. Следует заметить, что ряд работ по химическому составу свидетельствуют в пользу быстрого формирования толстого диска ($r < 1$ млрд. лет).

В Галактике наблюдаются еще две структурные единицы, расположенные в её центре, это – балдж и бар. Балдж, сферической формы образование, достаточно старое, по диапазону химического состава близкое к толстому диску. Для его формирования привлекается ряд сценариев – первичный коллапс, иерархическое формирование Галактики, слияние (слипание) на ранних фазах (приток спутниковых галактик); на более поздних временах – вековая, долговременная эволюция диска (звёздообразование, индуцированное нестабильным баром). Не исключена возможность действия всех перечисленных механизмов. Бар или перемычка – отдельное от балджа образование. В области солнечной окрестности может проявлять себя аномалией пространственных скоростей звёзд.

Основные источники обогащения химическими элементами. Современная картина исходит из представлений о том, что химические элементы,

начиная с лития, синтезируются в звёздах различных масс, а затем в результате взрывного или медленного истечения вещества попадают в межзвёздное пространство. Теории химической эволюции галактик, описывающие обогащение химическими элементами на протяжении их жизни, опираются на расчёты нуклеосинтеза и выхода элементов в результате эволюции звёзд различных масс, которая определяется ходом ядерных реакций в недрах этих звёзд и способами поставки продуктов в поверхностные слои звезды и в МЗС. Модели химической эволюции Галактики рассматривают следующие основные источники и виды обогащения химическими элементами: 1) водород, гелий, некоторая доля лития, бериллия и бора образованы в результате Большого Взрыва (первичный нуклеосинтез); 2) Сверхновые Типа II ($8 < M_{\odot} < 100$) обеспечивают производство элементов (и изотопов), начиная с лития, включая α -элементы, элементы железного пика и нейтронного захвата. Большой разброс в содержании тяжелых элементов отражает различный выход элементов для каждой сверхновой II типа с различными начальными массами; 3) Сверхновые Типа Ia (звёзды средних и низких масс) ($1 < M_{\odot} < 8$), двойные звёзды, основные поставщики железа Fe; 4) ветер от звёзд с массами меньше $8M_{\odot}$ поставляет в МЗС углерод; а ветер от быстровращающихся звёзд с массами больше $20M_{\odot}$ – азот; 5) истечение оболочек планетарных туманностей ($M < 11 M_{\odot}$) приводит к обогащению МЗС элементами CNO и элементами, образованными в процессах медленного нейтронного захвата (s-процесса); 6) реакции скалывания, в результате бомбардировки высокоэнергетическими частицами (космическими лучами) ядер C, N, O и их распада рождают легкие элементы (Li, Be, B) на поверхности звёзд и в межзвёздной среде.

Основные положения моделирования химической эволюции. Химическую эволюцию галактик можно рассмотреть (представить), опираясь на ряд простых предположений, рассматривая при этом источники обогащения МЗС различными элементами и изменения масс компонентов системы. Скорость обогащения тяжелыми элементами зависит от нескольких факторов. Прежде всего, это начальная функция масс (НФМ) – она определяет долю звёзд, которые производят металлы, и описывает начальное распределение звёзд различных масс. С течением времени вид этой функции будет меняться. Можно допустить, что общая функция масс звёзд в галактическом поле есть сумма видоизмененных вследствие эволюции функций звёздных подсистем разного возраста. Скорость обогащения зависит также от скорости звездообразования (СЗО), выхода металлов (отношение массы произведенных данным поколением звёзд тяжелых элементов к массе звёзд того же поколения, которые не участвуют в обогащении), притока или утечки вещества из данного объёма и др. Сравнивая получающиеся при различных предположениях, например, распределения звёзд с подсчётами реальных звёзд различного химического состава, можно сделать выводы о свойствах НФМ, СЗО и пр. на разных стадиях эволюции Галактики.

Если представить простыми уравнениями суммарную массу компонентов системы (Галактики) и изменение массы со временем, а также, используя НФМ и СЗО можно определить скорости сброса вещества и об-

разования звёздных остатков при тех или иных предположениях. При этом также можно достаточно простым выражением представить полную массу тяжелых элементов на данный момент времени через массовую долю тяжелых элементов (металличность) в звёздах и металличность газа. Рассмотренные положения и уравнения и представляют собой простую модель химической эволюции. Решая их, при малой начальной металличности, т.е. при низком начальном содержании металлов, получаем, что величина выхода металлов, обусловленная вышеописанными источниками производства, совпадает со средней металличностью звезд, когда доля массы газа становится малой.

Этот важный вывод говорит о том, что по наблюдаемому распределению содержания элементов можно оценить выход элемента и источник его производства. Кроме этого, для закрытых систем, когда отсутствует приток – отток газа, и для открытых систем, когда масса газа в системе поддерживается на постоянном уровне притоком небогатенного газа извне, металличность также пропорциональна выходу металлов, а их отношение зависит только от текущего состояния галактики и не зависит от прошлой истории и слабо зависит от модельных параметров. В рамках рассмотренной простой модели следует, что содержание элементов в газе будет не слишком сильно различаться для разных галактик или разных областей в одной галактике, если даже имеются значительные различия, как в истории звёздообразования, так и наблюдаемом содержании газа. Это позволяет нам, в частности, анализируя поведение звёзд в солнечной окрестности, с достаточной степенью надежности описывать Галактику в целом.

Используя такие достаточно простые предположения и уравнения, модифицированные на различные типы галактик – спиральные, эллиптические, неправильные, можно оценить космическую продукцию металлов и среднюю металличность Вселенной, т.е. воссоздать химическую эволюцию не только галактик, но и Вселенной в целом.

О детальном обогащении химическими элементами различных структур нашей Галактики мы поговорим в следующий раз.

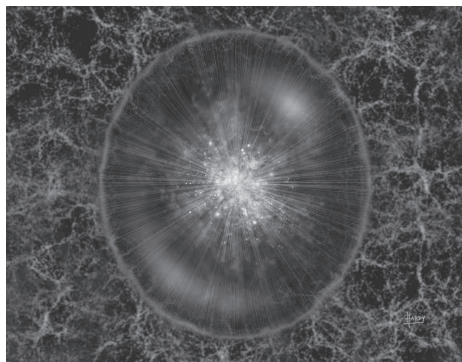


Рис. Астрономы обнаружили мощный взрыв в галактике, находящейся в 11.5 млрд. св. лет от нас. Этот взрыв производит высокоскоростные потоки материи, названные "суперветрами", которые рвут галактику на части. Эти взрывы, по-видимому, мешают формированию звезд, унося излишка газа и пыли в космос.

ЗВЕЗДЫ-ГИГАНТЫ

С.М.Андреевский

Среди звездного населения звезды-гиганты обладают наибольшими размерами. Более детально их подразделяют на субгиганты, гиганты, сверхгиганты и гипергиганты. В дальнейшем, если не оговорено отдельно, будем называть такие звезды одним собирательным термином звезды-гиганты. Радиусы звезд-гигантов находятся в пределах от нескольких радиусов Солнца до нескольких сотен и тысяч радиусов Солнца (напомним, что радиус Солнца составляет примерно $7 \cdot 10^{10}$ см).

Температура поверхности звезд-сверхгигантов может иметь самые различные значения – от 2-3 тыс. градусов до нескольких десятков тыс. градусов. Соответственно, мощность излучения у таких звезд может варьировать в достаточно широких пределах. Напомним читателю, что мощность излучения (т.е. количество энергии, излучаемое физическим телом в единицу времени) в астрономии носит название светимость L . Светимость звезды зависит от площади ее излучающей поверхности (для сферически симметричной звезды площадь поверхности равна $4\pi R^2$, где R – радиус звезды), а также от количества энергии, проходящей через один кв. см поверхности звезды в одну секунду (такая величина имеет специальное название – поток F , и определяется как $F = \sigma T^4$, где σ – постоянная Стефана-Больцмана, а T – поверхностная температура звезды). Иными словами: $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$. Так, например, светимость нашего Солнца составляет $L_{\odot} = 4 \cdot 10^{33}$ эрг/с (или $4 \cdot 10^{26}$ Вт). Светимость субгигантов в среднем в 10-50 раз выше, чем у Солнца. У гигантов характерное значение светимости превышает L_{\odot} уже в 100-1000 раз. Мощность излучения сверхгигантов примерно в 10000 раз превосходит солнечную. А вот мощности излучения одного гипергиганта хватит, чтобы затмить примерно 100000 или даже миллион солнц. Положение звезд-гигантов на диаграмме «светимость – поверхностная температура» показано на рис. 1.

Различие по массе у звезд гигантов значительно скромнее, чем отличие по размерам. Точной зависимости между радиусом и массой для звезд-гигантов не существует, поэтому можно указать только приблизительные пределы для массы. Например, субгиганты – это маломассивные звезды. Субгигант может иметь массу близкую солнечной, либо меньше ее (напомним, что масса Солнца равна $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{33}$ г). Звезда гигант по своей массе также попадает примерно в этот интервал (только самые горячие гиганты имеют массу в несколько раз превосходящую солнечную). По своей массе Солнце в 5-20 раз уступает сверхгигантам, и еще больше – гипергигантам.

Поскольку звезды-гиганты существенно отличаются по размерам, а отличия по массе не слишком велики, очевидно, что значение средней плотности таких звезд будет находиться в широких пределах. Само значение средней плотности определяется следующим соотношением:

$$\bar{\rho} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$$

Для типичных звезд-гигантов значение средней плотности и некоторые другие параметры приведены в таблице 1. Здесь же для сравнения указаны аналогичные параметры для звезды главной последовательности и белого карлика (о звездах главной последовательности см. очерк в Астрономическом календаре за 2005 год).

Таблица 1
Сравнительные характеристики некоторых звезд-гигантов, звезд главной последовательности и белых карликов

Название	Спектр	T , К	L/L_{\odot}	M/M_{\odot}	R/R_{\odot}	ρ , г/см ³
<i>Гиганты</i>						
Капелла	<i>G8</i>	4900	150	3,3	23	$4 \cdot 10^{-4}$
Арктур	<i>K2</i>	4000	102	4,2	26	$3 \cdot 10^{-4}$
<i>Сверхгиганты</i>						
Ригель	<i>B8</i>	11200	$6 \cdot 10^4$	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
Антарес	<i>M1</i>	3300	$7 \cdot 10^3$	19	560	$1,5 \cdot 10^{-7}$
<i>Главная последовательность</i>						
α Кентавра	<i>G2</i>	5730	1,3	1,02	1,2	0,80
<i>Белые карлики</i>						
Сириус В	<i>A5</i>	8200	0,0027	1,0	0,02	$1,8 \cdot 10^5$

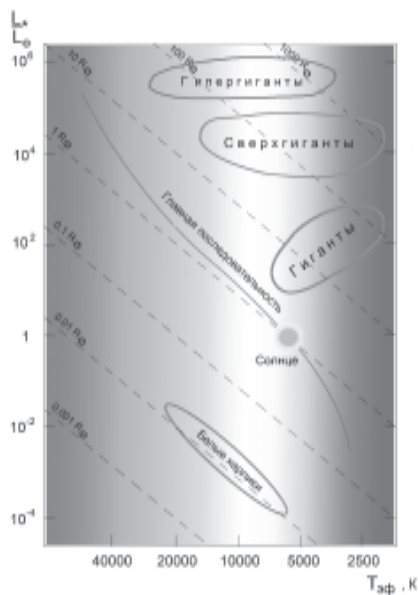


Рис. 1

Из таблицы 1 хорошо видно, что средняя плотность звезд-гигантов чрезвычайно мала. Естественно, что плотность газа ρ в их поверхностных слоях еще меньше. Характерные значения ρ для этих областей составляют $10^{-11} - 10^{-13}$ г/см³, что по земным меркам можно расценивать, как глубокий вакуум. А вот самые центральные области звезд-гигантов, напротив, представляют собой газ, находящийся при очень высокой температуре в сверхплотном состоянии. Типичные значения центральной температуры – 10^8 К и выше, а плотность может превышать $10^5 - 10^6$ г/см³. Как нетрудно убедиться (см. таблицу 1) такие значения плотности характерны для таких сверхплотных звезд как белые карлики. Значит, звезда-гигант – это, по сути дела, сверхплотный белый карлик очень маленьких размеров, окруженный разреженной газо-

вой оболочкой огромных размеров. И действительно, большинство звезд-гигантов имеет именно такое необычное строение.

Что же такое звезды-гиганты с точки зрения звездной эволюции? Оказывается, что образуются они из звезд, которые находятся на эволюционной стадии главной последовательности. Вся последующая эволюция звезды после главной последовательности практически полностью зависит от ее первоначальной массы. Перестройка внутреннего строения как массивных, так и маломассивных звезд главной последовательности начинается после того, как в недрах звезды будут исчерпаны запасы водородного термоядерного топлива. Звездное ядро теперь практически полностью состоит из гелия. Следующее за этим сжатие приводит к резкому возрастанию его плотности и температуры. Избыток энергии, освобождаемой при гравитационном сжатии звездного ядра, поступает в оболочку звезды. Для отвода этой избыточной энергии оболочка должна расширяться, при этом ее температура понижается. Звезда увеличивается в размерах и становится красным гигантом. На этом этапе звезды малых масс близки к завершению своего существования. Расширившаяся оболочка постепенно сдувается излучением, идущим из более глубоких и горячих слоев. Ее размеры непрерывно возрастают, в то время как плотность очень сильно падает. Фактически, теперь звезда представляет собой горячий и плотный белый карлик, окруженный сферической, прозрачной газовой оболочкой огромных размеров. Такой объект имеет специальное название – планетарная туманность (см. рис. 2). Пройдут десятки тысяч лет, и газовая оболочка полностью растворится в межзвездном пространстве. На месте звезды-гиганта останется постепенно остывающий белый карлик, который по прошествии нескольких сотен миллионов лет, растеряв последние запасы тепловой энергии, навсегда угаснет.

Более массивные звезды ($2 - 8 M_{\odot}$), или как их еще называют – звезды умеренных масс, успевают продвинуться дальше в своей эволюции. После исчерпания запасов водородного топлива, звезда главной последовательности с такой массой перестраивается – ее ядро, почти полностью состоящее из гелия, сжимается и разогревается, а оболочка расширяется и охлаждается. Звезда становится красным сверхгигантом. Но, в отличие от маломассивной звезды, температура в ядре звезды умеренной массы может достичь значения, достаточного для начала термоядерного синтеза углерода и кислорода из гелия. С началом «горания» гелия звезда даже несколько уменьшает свой радиус, а температура ее поверхности возрастает.



Рис. 2

Такая звезда для наблюдателя будет выглядеть, как горячий сверхгигант. Рано или поздно, оболочка звезды умеренной массы, как и у маломассивных звезд, будет сброшена давлением излучения в межзвездное пространство, поэтому большинство звезд умеренной массы заканчивает свою жизнь на стадии планетарной туманности, только теперь в центре туманности находится не гелиевый, а углеродно-кислородный белый карлик. В некоторых случаях, еще до того как звезда потеряет свою оболочку, в ее растущем по массе углеродно-кислородном ядре, имеющем температуру около 1 млрд. град., может произойти термоядерный взрыв, полностью разрушающий звезду (вспышка Сверхновой I-го типа).

Самые массивные звезды (масса более $8 M_{\odot}$) не останавливаются на стадии термоядерного «горения» гелия и углерода. После исчерпания запасов сначала водорода, а затем гелия в звездном ядре, последнее снова сжимается, а его температура возрастает до тех пор, пока не начнется синтез магния, кремния, серы из углерода и кислорода. Причем, термоядерное «горение» углерода и кислорода происходит в спокойном режиме. Температура в слое, окружающем звездное ядро, достаточно высока, и здесь протекают термоядерные реакции синтеза углерода и кислорода из гелия. В слое, который расположен еще ближе к поверхности звезды, происходит термоядерный синтез гелия из водорода. Звезда по своей структуре теперь напоминает луковицу – она состоит из нескольких слоев, в каждом из которых протекают термоядерные реакции определенного типа. Финальная стадия развития массивной звезды наступает, когда в ее ядре, при температуре свыше миллиарда градусов, начинается взрывное горение кремния и образуется железо. На этом этапе железное ядро теряет гидростатическое равновесие и испытывает коллапс. Его размер уменьшается до 10 км, а плотность возрастает до чудовищного значения – 10^{14} г/см³. При такой плотности оно состоит из нейтронов. По сути дела, ядро сверхгиганта превращается в нейтронную звезду. Вещество оболочки сверхгиганта свободно падает по направлению к центру до тех пор, пока не столкнется с абсолютно твердой поверхностью нейтронной звезды. Здесь, на границе раздела формируется фронт мощной ударной волны, которая, двигаясь в направлении от ядра, буквально сметает остатки оболочки в межзвездное пространство. Скорость разлета оболочки может достигать 10000 км/с. Такое масштабное явление носит название – вспышка Сверхновой II-го типа. Вспышкам Сверхновых звезд будет посвящен отдельный очерк в одном из будущих изданий Астрономического календаря.

Звезды-гиганты играют очень важную роль в исследовании, как нашей Галактики, так и других галактик. Дело в том, что, как мы уже знаем, эти звезды имеют огромную светимость, а значит, они видны на больших расстояниях, вплоть до сотен тысяч и миллионов парсек (напомним, что один парсек $1 \text{пк} = 3 \cdot 10^{18}$ см). Это позволяет регистрировать и анализировать приходящий от них свет с помощью современных телескопов и приемников излучения, а значит, получить информацию об их динамических, кинематических и химических характеристиках, и, в итоге, составить некоторое представление о тех звездных системах, куда эти звезды-сверхгиганты входят.

СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ В КОНЦЕ ФАЗЫ СПАДА ТЕКУЩЕГО 23 СОЛНЕЧНОГО ЦИКЛА (октябрь 2004 года – октябрь 2005 года)

В. Н. Ишков

Третий год фазы спада текущего цикла солнечной активности почти приблизил нас к фазе минимума, когда сглаженное относительное число солнечных пятен будет меньше 30. Девять с половиной лет развития текущего цикла (СА) раскрыли его характеристики и большинство особенностей его эволюции. Текущий цикл – второй компонент физического 22-летнего солнечного цикла. Самой большой неожиданностью стало то, что, вопреки правилу Гневнышева-Оля, ведомый нечетный 23 цикл впервые за всю реальную (с 1849 года) историю исследования цикличности Солнца стал меньше ведущего четного 22. Основные этапы развития текущего солнечного цикла: **минимум** 22 солнечного цикла: май 1996 года ($W^* = 8.0$); **начало фазы роста** 23 (текущего) цикла солнечной активности: сентябрь 1997 года; **максимум** относительного числа солнечных пятен: апрель 2000 года ($W^* = 120.7$); **глобальная переполюсовка** общего магнитного поля Солнца: июль – декабрь 2000 года; **вторичный максимум** относительного числа солнечных пятен: ноябрь 2001 года ($W^* = 115.8$); **максимум потока радиоизлучения** на волне 10.7 см: февраль 2002 года ($F^* = 197$ с.е.п.); **фаза максимума** 23 (текущего) цикла солнечной активности: октябрь 1999 – июнь 2002 года; **начало фазы спада** текущего солнечного цикла: июль 2002 года. Наиболее мощные вспышечные события текущего цикла: октябрь – ноябрь 2003 года.

Значение сглаженного относительного числа солнечных пятен в максимуме относит текущий солнечный цикл к циклам средней величины, таким как 13, 15, 17 и 20, у которых $130 = W^* = 80$. С июля 2002 года Солнце находится в фазе спада, и все проявления солнечной активности были типичными для солнечных циклов средней величины. Как и в 20 цикле солнечной активности, текущий цикл выдал последнюю мощную вспышечно-активную область через 5.5 лет после прохождения точки максимума (сентябрь 2005 года). На рисунке 1 показано развитие 23 цикла солнечной ак-

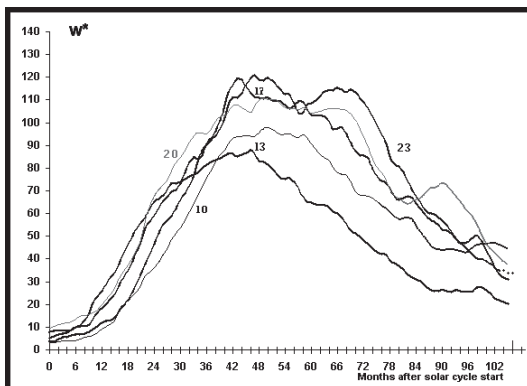


Рис. 1. Кривая развития текущего 23 цикла солнечной активности на 106 месяцев его развития в сравнении с другими значимыми циклами средней величины

тивности по сравнению с другими статистически значимыми циклами средней величины после 106 месяцев его развития. Точки минимумов всех циклов сведены к началу 23 цикла.

Кратко напомним читателю основные характеристики текущего цикла СА после 112 месяцев его развития:

- формальное начало текущего 23 цикла СА май 1996 года, и начальное значение сглаженного числа Вольфа $W_{\text{мин}}^* = 8.0$;

- первая группа текущего цикла появилась непосредственно в точке минимума (май 1996 года), тогда как во всех изученных циклах первые группы пятен нового цикла появлялись не менее чем за 1–1.5 года до точки минимума;

- начало фазы роста – сентябрь 1997 года ($W = 51.3$, $F_{10.7} = 96.2$), когда на видимом диске Солнца появились первые две большие группы солнечных пятен с площадями > 500 м.д.п.;

- в последнем 22-летнем «физическом» солнечном цикле точки максимумов в относительных числах солнечных и в потоке радиоизлучения на волне 10.7 см и для четного и для нечетного циклов оказались значимо разнесены: в текущем цикле первый наступил в апреле 2000 года ($W_{\text{max}}^* = 120.7$), а второй отмечен в феврале 2002 г ($F_{\text{max}}^* = 197.2$);

- до фазы спада наблюдалось значительное отставание по общему количеству активных областей текущего цикла, однако последние 3 года выровняли эту ситуацию: к 2005 году текущий цикл догнал цикл 20 и немного обогнал цикл 22;

- сами группы пятен меньше по размерам, менее сложные, с более медленным темпом развития и большим временем жизни. Это характерные признаки стабильных (не вспыхивающих) активных областей, которые могут указывать на более слабую циркуляцию в солнечной конвективной зоне в текущем цикле по сравнению с несколькими предыдущими (18–22). Количество высокоширотных ($\varphi \geq 30^\circ$) групп пятен близко к «нормальному», наблюдаемому в достоверных циклах и значительно уступает циклам 22 и 19;

- несмотря на выравнивание общего количества активных областей, сохраняется значительное отставание текущего цикла от циклов 19–22 по количеству оптических вспышек и больших рентгеновских всплесков;

- затянувшаяся высокая вспышечная активность на фазе спада цикла: последняя вспышечно-активная область с большим вспышечным потенциалом появилась в первой декаде сентября 2005 года через 5,5 лет после точки максимума.

- значимое превышение общего числа протонных событий, по сравнению с тремя предыдущими циклами, однако число возрастаний счета нейтронных мониторов, сопутствующих вспышечным событиям с протонами $E > 1$ ГэВ, остается на уровне 20 цикла (средней величины);

- резкое снижение флюэнсов (суммарных суточных потоков) энергичных электронов ($E > 2$ МэВ): до начала фазы спада (июль 2002 года) текущего цикла флюэнс очень редко достигал значений 10^8 ч \cdot с $^{-1}$ ·м $^{-2}$ стер $^{-1}$, хотя в 21 и 22 циклах СА они нередко превышали значение 10^9 . Положение достаточно резко изменилось с марта 2003 года, когда флюэнс в 10^9 перестал быть редкостью;

– снижение вспышечной активности привело к значительному росту количества дней со спокойными геомагнитными условиями. В тоже время количество очень больших магнитных бурь ($A_p > 100$) остается достаточно высоким.

В таблице 1 приведены все наиболее мощные вспышки текущего 23 цикла солнечной активности с рентгеновским баллом (интенсивность потока излучения в диапазоне 1 – 12.5 кэВ) $X \geq 3$.

Таблица 1

Самые мощные вспышечные события 23 цикла солнечной активности

Место	Г/М/Д	Балл	ϕ	Координаты	АО
1	2003/11/04	$X > 17.5 \gamma$	11^m (X28)	S19W83L286	10486
2	2001/04/02	$X > 17.5 \gamma$	5^{mq} (X22 ⁺)	N19W90L152	9393
3	2003/10/28	X17.2 γ		S16E08L286	10486
4	2005/09/07	X17.1 γ		S12E89L229	10808
5	2001/04/15	X14.4		S20W85L001	9415
6	2003/10/29	X10.0		S15W02L286	10486
7	1997/11/06	X9.4 γ GLE		S18W63L352	8100
8	2003/11/02	X8.3		S14W56L286	10486
9	2005/01/20	X7.1 γ GLE		N15W56L177	10720
10	2001/12/12	X6.3		S09E16L020	9727
11	2005/09/09	X6.2 γ		S10E58L229	10808
12	2000/07/14	X5.7 γ		N22W07L320	9077
13	2001/04/05	X5.6 γ		S21E31L001	9415
14	2003/10/23	X5.4 γ		S21E88L286	10486
15	2001/08/25	X5.3 γ		S17E34L296	9591
16	2005/09/09	X5.4		S14E74L229	10808
17	1998/08/18	X4.9 γ		N33E87L034	8307
18	2002/07/23	X4.8		S13E72L204	10039
19	2000/11/26	X4.0		N18W38L352	9236
20	1998/08/19	X3.9 γ		N32E75L035	8307
21	2003/11/03	X3.9		N08W77L291	10488
22	2005/01/17	X3.8		N15W25L177	10720
23	1998/11/22	X3.7 γ		S27W82L029	8384
24	2003/05/28	X3.6 γ		S07W20L182	10365
25	2004/07/16	X3.6		S11E35L044	10649
26	2005/09/09	X3.6		S11E66L229	10808
27	2001/12/28	X3.4 GLE		SEL018	9767?
28	1998/11/28	X3.3 γ		N17E32L182	8395
29	2002/07/20	X3.3		S13E90L204	10039
30	2002/08/24	X3.1		S02W81L298	10069
31	2002/07/15	X3.0		N19W01L012	10030

Курсивом выделены вспышки в самой большой группе пятен текущего цикла. В столбце баллов во вспышках 02.04.2001 и 04.10.2003 поставлено время, когда фотометр рентгеновского излучения КА GOES – 9, 10 с порогом $X > 17.5$ был в состоянии насыщения; в скобках поставлен расчетный балл данных вспышек.

В рассматриваемый период продолжала сохраняться асимметрия между южным и северным полушариями Солнца в пользу первого в количестве появившихся на видимом диске Солнца групп солнечных пятен. Из

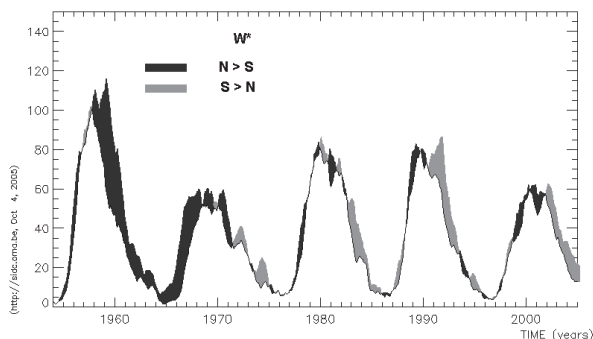


Рис 2. Развитие последних 5 циклов солнечной активности по полушариям: черным обозначен избыток активных областей северного полушария, а серым – южного (<http://sids.oma.be>)

исительное число пятен отдельно для каждого полушария, то асимметрия сохраняется в пользу южного полушария, что видно из рис. 2. Таблица 2 продолжает соответствующую таблицу основных среднемесячных солнечных и геомагнитных индексов предыдущего выпуска нашего календаря. По индексам, сглаженным за 13 месяцев, можно оценить скорость приближения текущего солнечного цикла к фазе минимума.

В октябре 2004 пятнообразовательная активность Солнца была на низком уровне в первую половину месяца, причем 10.10 на Солнце пятен не было. Однако затем пятнообразовательная активность Солнца стала постепенно возрастать и в последнюю неделю октября почти достигла высокого уровня. Максимальное относительное число пятен наблюдалось 24 октября $W=99$, а минимальное $W=00$ – 10 октября. На видимом диске Солнца постоянно наблюдалось от 2 до 8 групп солнечных пятен, среди которых одна группа пятен южного полушария Солнца была большая, но вспышек в ней не было. Вспышечная активность в конце октября связана с небольшой группой пятен северного полушария Солнца: за 38 часов 30.10 – 1.11 в ней осуществилась одна вспышка балла X и семь вспышек балла M (X_1+M_7), среди которых две были больших. Следствием этой активности в околоземном космическом пространстве было осуществление протонного события малой интенсивности и ряда внезапных ионосферных возмущений средней мощности, однако геомагнитных возмущений не наблюдалось. Всего за месяц на видимом диске Солнца осуществилось одна вспышка балла X, 8 вспышек балла M и 1 выброс солнечного волокна. Геомагнитная обстановка в основном оставалась слабо-возмущенной, всего 3 дня были возмущенными, и 13 октября отмечена малая магнитная буря – следствие прохождения Землей высокоскоростного потока солнечного ветра от приэкваториальной корональной дыры. На геостационарных орбитах 5 суток регистрировался высокий уровень потоков высокоэнергичных электронов.

142 групп пятен, появившихся за прошедший год, в южном полушарии появилось 88, а в северном всего лишь 54. Больших групп пятен (площадь $Sp \geq 500$ миллионов долей полушария – м.д.п.; 1 кв. градус = 48.5 м.д.п.) тоже больше было в южном полушарии – 5, а в северном – 3.

Если взять отно-

Таблица 2

Среднемесячные индексы солнечной и геомагнитной активности

Дата	W	F10.7	Ap	W*	F10.7*	Ap*
2004 IV	39.3	103.3	10	45.5	112.3	15.5
2004 V	41.5	99.8	8	43.9	109.2	14.3
2004 VI	43.2	97.4	8	41.7	107.2	14.0
2004 VII	51.0	118.5	23	40.2	105.9	13.8
2004 VIII	40.9	110.1	11	39.2	105.0	13.8
2004 IX	27.7	103.1	10	37.6	103.7	13.6
2004 X	48.4	105.7	9	35.9	102.1	13.5
2004 XI	43.7	113.2	26	35.4	101.5	14.1
2004 XII	17.9	94.6	11	35.3	101.3	14.8
2005 I	31.3	102.4	22	31.3	100.3	14.7
2005 II	29.1	97.3	11	33.9	98.5	14.6
2005 III	24.8	90.0	12	33.5	97.2	15.3
2005 IV	24.4	85.9	12	31,6	95,5	15,7
2005 V	42.6	99.5	20			
2005 VI	39.6	93.7	13			
2005 VII	39.9	96.6	16			
2005 VIII	36.4	90.7	16			
2005 IX	22.1	90.8	21			
2005 X	8.5	77	7			

W – среднемесячное относительное число солнечных пятен; F10.7 – наблюдаемое значение потока радиоизлучения на 10.7 см (2695 МГц); Ap – среднемесячное значение геомагнитного Ap-индекса. W*, F10.7*, Ap* – среднемесячные величины, сглаженные за 13 месяцев.

Уровень пятнообразовательной активности Солнца продолжал оставаться на повышенном среднем уровне всю первую декаду ноября, затем весь месяц держался на среднем уровне, в отдельные дни снижаясь до низкого. Наименьшее относительное число пятен наблюдалось 21 ноября (W=026), а наибольшее W=076 – 1 ноября. С 3 ноября 2004 года начался семидневный период значительной вспышечной активности еще одной группы пятен северного полушария, которая зародилась на видимом диске Солнца 1 ноября вблизи восточного лимба. Быстро развиваясь, она уже к 6.11 достигла своей максимальной величины почти 6 диаметров Земли и с 3 ноября стала выдавать большие солнечные вспышки. За 96 часов 3 – 7 ноября в группе осуществилось одна вспышка балла X2.0 и шесть вспышек балла M (X₁+M₆), среди которых 3 были большими (т.е. их рентгеновский балл превышал значение M5). Вспышки 6 – 7 ноября произошли в то время, когда активная область вышла в долготный интервал наибольшего влияния на Землю, и вызвали в околоземном космическом пространстве одну умеренную (7.11) и две очень большие магнитные бури (8 – 10.11). От этих же вспышек пришли высокоэнергичные заряженные частицы, вызвав в окрестности Земли протонное событие средней интенсивности. Это протонное событие развивалось на фоне очень большого геомагнитного возмущения, что способствовало проникновению высокоэнергичных протонов на орбиту полета Международной космической станции и повышению

радиационной опасности. Второй период осуществления больших вспышек начался 9 ноября и продолжался 9 часов, за которые произошли две большие вспышки баллов М8.9 и Х2.5. Однако в это время данная активная область уже вышла из долгого интервала влияния на Землю, поэтому возмущение от этих вспышек скользяще задело земную магнитосферу, вызвав геомагнитное возмущение уровня малой магнитной бури. Последняя вспышка породила в околоземном космическом пространстве протонное событие средней интенсивности. Всего за ноябрь осуществилось 2 вспышки балла Х, 12 вспышек балла М и три выброса солнечных волокон. В ноябре 9 дней была возмущенная геомагнитная обстановка, в том числе одна малая, одна умеренная и две очень большие магнитные бури. На геостационарных орбитах 17 суток регистрировался высокий уровень потоков высокоэнергичных электронов.

В декабре 2004 пятнообразовательная активность Солнца была на среднем уровне только в первую неделю месяца, в остальные дни – на низком. Максимальное относительное число пятен наблюдалось 2 декабря $W=40$, а минимальное $W=09$ – 16 декабря. На видимом диске Солнца постоянно наблюдалось от 4 до 1 групп солнечных пятен, среди которых больших не было. Вспышечная активность до 29 декабря оставалась на низком уровне: за весь период произошли всего 2 вспышки среднего балла (1 и 2 декабря). И только 27 декабря из-за восточного лимба в северном полушарии Солнца появилась группа пятен, в которой при выходе на видимый диск Солнца происходило всплытие нового магнитного потока, приведшего к умеренному росту площади группы пятен и усложнению ее магнитной конфигурации. В результате этого, с 29.12 по 1.01 (59 часов) произошла серия солнечных вспышек – одна балла Х и пять среднего балла М. Вспышки происходили в долгом интервале, события в котором обычно не оказывают заметного воздействия на околоземное космическое пространство. Всего за декабрь на видимом диске Солнца осуществилось 7 вспышек балла М и 3 выброса солнечных волокон. Геомагнитная обстановка в основном оставалась слабовозмущенной, всего 8 дней были возмущенными, и 6 и 12 декабря отмечены малые магнитные бури – первая была следствием прохождения Землей высокоскоростного потока солнечного ветра от приэкваториальной корональной дыры, а причиной второй был приход возмущения от выброса большого волокна 8.12. На геостационарных орбитах 4 суток регистрировался высокий уровень потоков высокоэнергичных электронов.

Уровень пятнообразовательной активности Солнца продолжал оставаться на среднем уровне первые два дня и всю вторую декаду до 22 января. Наименьшее относительное число пятен наблюдалось 8 января ($W=010$), а наибольшее $W=065$ – 16 января. Новый 2005 год начался с большой солнечной вспышки. В первую минуту нового года в группе пятен северного полушария Солнца конца декабря осуществилась вспышка балла Х1.7/2В, сопровождавшаяся выбросом коронального вещества, который через 35 часов достиг окрестностей Земли, вызвав малую магнитную бурю. Но основные события первого месяца нового года были еще впереди: 10 января на видимом диске Солнца в северном полушарии вблизи восточного лимба зародилась новая группа пя-

тен, которая с 12 января начала бурное развитие и уже к 15.01 ее площадь достигла величины в 10 раз превышающей поверхность нашей планеты. Такое бурное развитие означало всплытие в пределах группы пятен новых магнитных потоков большой мощности и скорости всплытия. Взаимодействие старого и новых магнитных потоков естественно привело к осуществлению солнечных вспышек среднего и большого баллов. Первый вспышечный период занял 17 часов 14-15.01, когда активная область произвела 2 вспышки балла X и 9 вспышек балла M (X_2+M_6), среди которых 4 больших. Второй вспышечный период занял 9 часов 16-17.01 ($X_1+M_3 - 1$ большая), и третий период длился 39 часов 18-20.01 ($X_2+M_4 - 3$ больших), завершившись самой мощной после 4 ноября 2003 года вспышкой балла X7.1/3В 20 января, поток заряженных частиц с энергиями больше 100 МэВ от которой был самым большим с октября 1989 года. Поток протонов самых больших энергий (больше 1 ГэВ) от этой вспышки вызвал большое возрастание (по станции Москва $\sim 105\%$) уровня сигнала наземных нейтронных мониторов космических лучей. Это самая большая вспышка в космических лучах за 2 последних цикла солнечной активности. О яркости больших солнечных вспышек в рентгеновском диапазоне можно судить по рис. 3, который воспроизводит наблюдение последней вспышки на геостационаре GOES-12 (Солнце) и космической рентгеновской обсерватории CHANDRA в это время направленной на Сатурн. Когда рентгеновское излучение от этой мощной вспышки достигло Сатурна, ее отблеск просто осветил верхние слои атмосферы планеты. Всего в данной активной области произошло (X_5+M_{19}) вспышек. По концентрации вспышек больших и средних баллов вспышечно-активная группа пятен середины января заняла 17 место среди подобных ей за последние 35 лет (с начала регулярной регистрации рентгеновского балла). Напомним, что вспышечно-активная группа пятен конца октября – начала ноября 2003 года в этом списке занимает 2 место. Все эти солнечные вспышечные события произошли в долготном интервале наибольшего влияния на Землю, вызвав в околоземном космическом пространстве геомагнитные возмущения и большие протонные события, которые совместно создали в окрестностях Земли неблагоприятную радиационную обстановку. Следствием их стали 2 умеренные и одна очень большая магнитные бури, одновременно с которыми развивались и большие протонные события. Всего за январь осуществилось 6 вспышек балла X, 22 вспышки балла M и три выброса солнечных волокон. В январе лишь 9 дней была слабовозмущенная геомагнитная обстановка. За месяц были зарегистрированы одна очень большая, три умеренные и три малые магнитные бури. На геостационарных орбитах 16 суток регистрировался высокий уровень потоков высокоэнергичных электронов.

В феврале 2005 года уровень пятнообразовательной активности Солнца менялся от низкого (первые 5 и последние 9 суток месяца) до среднего. Наименьшее относительное число пятен наблюдалось 28 февраля ($W=07$), а наибольшее $W=56 - 12$ февраля. После январских событий февраль был спокойным во вспышечном отношении: всего одна вспышка

балла М и 4 выброса солнечных волокон. В феврале лишь пять суток была возмущенная геомагнитная обстановка, и 7 – 9.02 была зарегистрирована малая магнитная буря. На геостационарных орбитах 14 суток регистрировался высокий уровень потоков высокоэнергичных электронов.

В марте 2005 года пятнообразовательная активность менялась: с 7 по 25 марта она была на среднем уровне, а в остальные дни – на низком. Максимальное относительное число пятен наблюдалось 11 марта $W=043$ а минимальное $W=007 - 1$ и 30 марта. На видимом диске Солнца постоянно наблюдалось от 1 до 4 групп солнечных пятен. Вспышечная активность устойчиво находилась на низком уровне: ни одной вспышки среднего балла и лишь один выброс солнечного волокна. Рекуррентное (повторяющееся) магнитное возмущение, достигшие уровня малой магнитной бури, отмечено 6 – 10 марта, было вызвано прохождением Земли ре-

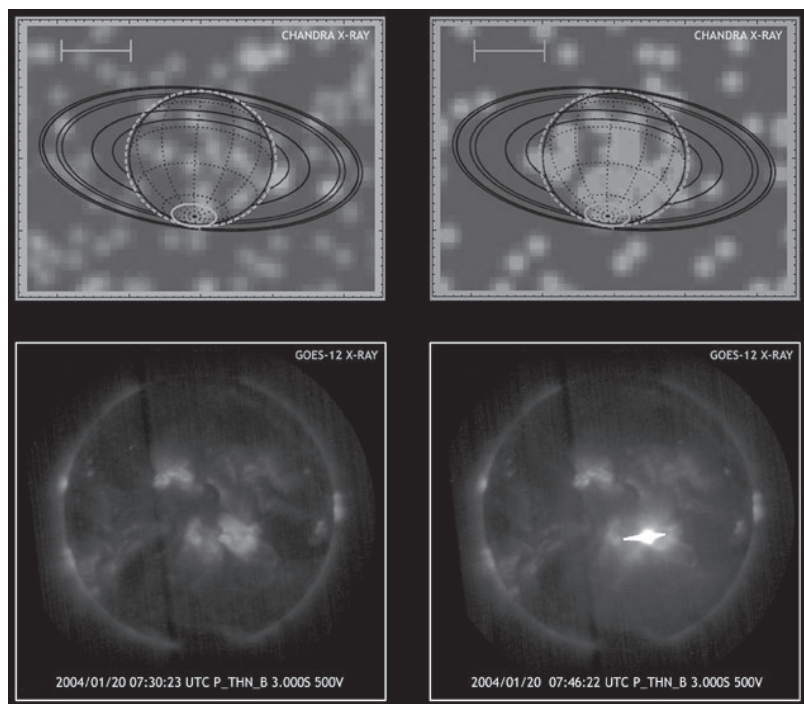


Рис. 3. "Отблеск" мощной солнечной вспышки 20 января 2005 года на диске Сатурна по наблюдениям рентгеновских телескопов на борту космической обсерватории ЧАНДРА (Сатурн - верхний ряд) и служебного геостационара GOES-12 (Солнце - нижний ряд). Левый столбец - до вспышки, правый - после вспышки (<http://spaceweather.com>)

куррентного высокоскоростного потока солнечного ветра от большой приэкваториальной корональной дыры, которая на прошлом обороте вызвала малую магнитную бурю 7 – 9 февраля. Еще одно геомагнитное возмущение 25 – 27 марта, тоже вызванное рекуррентным высокоскоростным потоком от другой большой корональной дыры уровня магнитной бури не достигло. На геостационарных орбитах 14 суток регистрировался высокий уровень потоков высокоэнергичных электронов.

В апреле 2005 года пятнообразовательная деятельность менялась от низкого до среднего уровней. Максимальное относительное число пятен наблюдалось 30 апреля $W=037$ а минимальное $W=009$ – 24 апреля. На видимом диске Солнца постоянно наблюдалось от 0 до 4 групп солнечных пятен. 24 апреля вблизи восточного лимба в южном полушарии Солнца образовалась группа пятен, которая, быстро развиваясь, к 27 апреля достигла площади 760 м.д.п., однако значимых вспышек не было. Вспышечная активность устойчиво находилась на низком уровне: ни одной вспышки среднего балла и лишь три выброса солнечного волокна. Две малые геомагнитные бури отмечены 4 – 5 и 11 – 14 апреля, как следствие прохождения Землей рекуррентных высокоскоростных потоков от больших солнечных корональных дыр. На геостационарных орбитах 11 суток регистрировался высокий уровень потоков высокоэнергичных электронов.

С 3 по 17 мая пятнообразовательная активность Солнца находилась на среднем уровне. Максимальное относительное число пятен наблюдалось 11 мая $W=082$, а минимальное $W=013$ – 21 мая. Май 2005 года начался с прохождения по видимому диску Солнца большой группы пятен южного полушария, которая при заходе за западный лимб 6 – 7 мая выдала 2 вспышки среднего балла M1.3 и M1.4. И в это же время, 7 мая, из-за восточного лимба вышла еще одна большая группа пятен уже северного полушария, в которой за 39 часов 12 -13 мая произошло 4 вспышки: одна большая и три вспышки среднего балла. На видимом диске Солнца постоянно наблюдалось от 2 до 6 групп солнечных пятен. Вспышечная активность 6 – 7, 10 – 13, 15 – 17 и 27 мая была на среднем уровне. Наиболее значительным вспышечным событием месяца была большая вспышка балла M8.0 13 мая, сопровождавшаяся значительными динамическими событиями в атмосфере Солнца, в том числе большим выбросом коронального вещества. Через два часа в околоземном космическом пространстве началось большое протонное событие, а через 34 часа большая магнитная буря, которая продлилась 42 часа 15 – 16 мая. Совместное воздействие солнечных протонов и большого геомагнитного возмущения обычно создают неблагоприятную радиационную обстановку на орбитах работы космических аппаратов. Всего за май произошло 14 вспышек балла M, из которых одна была большая, и 5 выбросов солнечных волокон. Малая магнитная буря 30.04 – 01.05 была вызвана возмущением от выброса солнечного волокна 28 апреля. Рекуррентное геомагнитное возмущение, достигшее уровня малой магнитной бури 7 – 8 мая, было вызвано прохождением Земли через рекуррентный высокоскоростной поток солнечного ветра от большой приэкваториальной корональной дыры, которая и на прошлом обороте вызвала малую магнитную бурю 11 – 12 апреля. Еще одно геомагнитное возмущение 20 – 21 мая тоже вызванное ре-

куррентным высокоскоростным потоком от другой большой корональной дыры, достигло уровня магнитной бури только в западном полушарии Земли. Всего за май было отмечено 9 суток с возмущенной геомагнитной обстановкой. На геостационарных орбитах 24 суток регистрировался высокий уровень потоков высокоэнергичных электронов.

В июне 2005 года пятнообразовательная активность была на среднем уровне с 1 по 18 и 30 июня, а в остальные дни – на низком. Максимальное относительное число пятен наблюдалось 10 июня $W=070$, а минимальное $W=000$ – 26 июня. На видимом диске Солнца постоянно наблюдалось от 5 до 0 групп солнечных пятен. Вспышечная активность 1, 3, 16 июня была на среднем уровне. Наиболее значительным вспышечным событием месяца стала вспышка M4.0 16 июня, сопровождавшаяся значительными динамическими событиями в атмосфере Солнца, в том числе выбросом коронального вещества. Вспышка произошла в непосредственной близости от западного лимба Солнца и, поэтому в околоземном космическом пространстве было отмечено лишь малое протонное событие. Всего за месяц на Солнце осуществилось 4 вспышки балла M и 6 выбросов солнечных волокон. Надо отметить, что 2 из них были геоэффективны, вызвав в околоземном космическом пространстве одну умеренную (12 – 13.06) и одну малую (23.06) магнитные бури. Рекуррентное геомагнитное возмущение, достигшее уровня малой магнитной бури 15 – 16 июня, было вызвано прохождением Земли рекуррентного высокоскоростного потока солнечного ветра от большой приэкваториальной корональной дыры. На геостационарных орбитах 25 суток регистрировался высокий уровень потоков высокоэнергичных электронов.

Пятнообразовательная активность Солнца находилась на высоком уровне первую декаду июля, на среднем – до 15 июля и всю вторую половину месяца – на низком. Максимальное относительное число пятен наблюдалось 4 июля $W=107$, а минимальное $W=000$ – 19 – 21 июля. Количество групп пятен на видимом диске Солнца изменялось от 5 в начале месяца до 0 в конце второй – начале третьей декады. Месяц начался с прохождения по видимому диску Солнца большой группы пятен южного полушария, которая прошла весь видимый диск Солнца без единой значимой вспышки. Одновременно с ней уже 1 июля из-за восточного лимба вышла группа пятен северного полушария Солнца – основная вспышечно-активная область рассматриваемого периода. Геоэффективные вспышки в этой активной области произошли, когда группа пятен была в центре солнечного диска. Две вспышки рентгеновского балла M4.5 7.07 и M2.8 9 июля сопровождались выбросами коронального вещества типа "гало". Выбросы коронального вещества такого типа от вспышек на видимом диске Солнца указывают на то, что возмущение от данных вспышек с большой вероятностью попадает в околоземное космическое пространство, вызывая магнитные бури. Умеренные магнитные бури осуществились 13 – 14 и 16 – 17 июля. При подходе к западному лимбу Солнца 12 – 14 июля за 52 часа в группе пятен осуществилось 11 вспышек рентгеновского балла M и одна – рентгеновского балла X, из которых три было больших (M5.0 13.07, M9.1 и X1.2 14.07). Следствием больших вспышек стало солнечное протонное событие, длившееся до начала суток 17 июля.

По косвенным данным значимые вспышки продолжались в этой активной области до 17 июля, когда было зарегистрировано последнее в этой вспышечной серии солнечное протонное событие малой интенсивности. Это понятно, так как к этому времени группа пятен уже 3 суток была на невидимой половине Солнца. С 27 июля за сутки до выхода на видимый диск Солнца началась вспышечная активность группы пятен северного полушария. Основная доля вспышек осуществлялась в период 30.07 – 1.08, когда за 55 часов в активной области произошли большая вспышка балла X1.3/2B (30.09) и две вспышки среднего балла. Вспышечная активность 13 – 14 и 30 июля была на высоком уровне, а 7, 9, 12, 15, 27 – 28 и 30 июля – на среднем. Всего за июль произошли 2 вспышки балла X, 19 вспышек балла M, из которых две были большими, и 3 выброса солнечных волокон. Малые магнитные бури 17 – 18 и 20 – 21 июля были вызваны прохождением Землей рекуррентного высокоскоростного потока солнечного ветра от корональных дыр. В июле было отмечено 9 суток с возмущенной геомагнитной обстановкой. На геостационарных орбитах 14 суток регистрировался высокий уровень потоков высокоэнергичных электронов.

Пятнообразовательная активность Солнца в августе 2005 года менялась от низкого уровня в начале и в конце месяца и оставалась на среднем уровне всю вторую декаду. На видимом диске Солнца постоянно наблюдалось 1 – 2 группы пятен, из которых одна была большая. Максимальное относительное число пятен наблюдалось 14 августа $W=069$, а минимальное $W=016$ – 7 августа. Наиболее значительный импульс вспышечной активности зарегистрирован на Солнце уже в начале третьей декады, когда образовавшаяся на видимом диске Солнца 14.08 группа пятен южного полушария, уже пройдя центр диска, внезапно активизировалась. 19 августа в ней началось всплывание быстрого, значимой величины, нового магнитного потока. За одни сутки площадь группы пятен выросла больше чем в три раза и достигла величины 560 м.д.п. Следствием взаимодействия старого и нового магнитных потоков 22 – 23 августа за 38 часов активная область произвела 3 протонных вспышки баллов M2.6, M5.6 (22.08) и M2.7 (23.08). Кроме того, 25 августа вблизи восточного лимба в группе пятен северного полушария произошла большая вспышка балла M6.4/SF. Вспышечная активность была на высоком уровне 22 и 25 августа, на среднем – 1 – 3, 23, и 28 августа. Всего за август произошло 8 вспышек балла M, из которых две были большими, и 4 выброса солнечных волокон. Малая магнитная буря 6.08 была вызвана прохождением Землей высокоскоростного потока солнечного ветра от корональной дыры. Большая магнитная буря 24 – 25 августа явилась следствием вспышек 22.08. Еще одно геомагнитное возмущение 31.08 – 1.09 было вызвано приходом возмущения от выброса волокна 27 августа. Всего за август было отмечено 8 суток с возмущенной геомагнитной обстановкой. На геостационарных орбитах 16 суток регистрировался высокий уровень потоков высокоэнергичных электронов.

Пятнообразовательная активность Солнца в сентябре 2005 года менялась от низкого в начале и в конце месяца и до среднего уровня всю вторую декаду. На видимом диске Солнца постоянно наблюдалось 1 – 2 группы пятен, из которых одна была большая. Максимальное относительное число пятен наблюдалось 14 августа $W=069$, а минимальное $W=016$ – 7 август-

та. Уже в первые дни месяца методом гелиосейсмологической томографии было определено, что через невидимую сторону Солнца проходит большая группа пятен, которая после выхода из-за восточного лимба Солнца стала одной из самых вспышечно-активных областей не только в текущем цикле солнечной активности, но и за всю историю солнечных наблюдений. Уже за несколько суток до выхода на восточный лимб (7 сентября) в группе пятен наблюдались достаточно мощные выбросы коронального вещества, которые являются наблюдаемыми свидетельствами больших вспышечных событий. Выход на видимую полусферу Солнца данной группы пятен ознаменовался осуществлением в ней четвертой по величине рентгеновского балла вспышкой (X17.1/3B) за текущий солнечный цикл. Далее, в период до 10 сентября в ней произошли 7 больших вспышек, из которых 6 было рентгеновского балла X (см. таблицу 3). На рис. 4а и 4б даются два одновременных снимка группы пятен во время мощной солнечной вспышки балла X6.2/2B в "белом" свете и в самой яркой линии водорода H_{α} (длина волны 6563 Э). Следствием этой высокой вспышечной активности в околоземном космическом пространстве были малая и большая магнитные бури 9 и 10 – 14 сентября и солнечное протонное событие большой интенсивности. 12 – 13 сентября в этой же группе пятен осуществился второй импульс вспышечной активности. За 39 часов солнечные наблюдатели зарегистрировали 3 большие вспышки, две из которых имели рентгеновский балл больше X. Возмущения от этих вспышек вызвали в окрестностях Земли умеренную магнитную бурю 14-15 сентября и продлили солнечное событие на умеренном уровне до 16 сентября. Последние большие вспышки в этой группе пятен произошли 15 и 17 сентября. Всего в этой активной области произошло 11 вспышек балла X (одна супервспышка) и 22 вспышки балла M, что выводит ее на 4 место по вспышечному потенциалу за время исследований Солнца в рентгеновском диапазоне (см. таблицу 1). Кроме того, за сентябрь наблюдался один выброс солнечного волокна. Умеренная магнитная буря 2-3 сентября была следствием геоэффективной вспышки 31 сен-

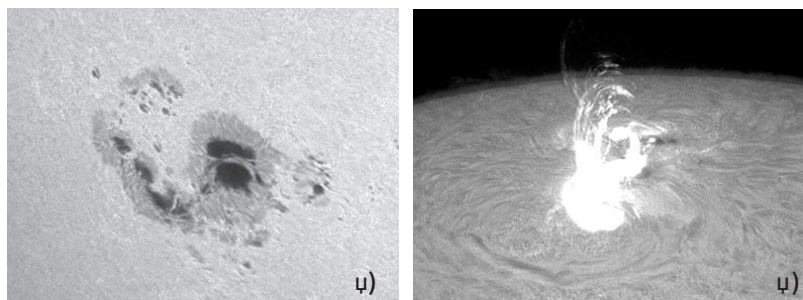


Рис. 4. Вспышечно-активная группа солнечных пятен сентября 2005 года во время мощной вспышки балла X6.2/2B 9 сентября: 5а) вид группы пятен в белом свете (фотосфера), 5б) вид вспышки в максимуме развития в линии водорода H_{α} (λ 6563 Э), (<http://sec.noaa.gov>).

тября, а малая магнитная буря 3-4 сентября была вызвана прохождением Землей высокоскоростного потока солнечного ветра от корональной дыры. Всего за сентябрь было отмечено 14 суток с возмущенной геомагнитной обстановкой. На геостационарных орбитах 22 суток регистрировался высокий уровень потоков высокоэнергичных электронов.

Несравненно более спокойным был октябрь. Достаточно сказать, что в течение 8 суток на Солнце не было пятен и только в течение 2 суток на видимом диске Солнца наблюдались 2 группы пятен. Максимальное относительное число пятен наблюдалось 11 октября $W=015$, а минимальное $W=000$ 1 – 2, 24 – 28 октября. За весь месяц было зарегистрировано только 2 вспышки рентгеновского балла С и три выброса солнечных волокон. Состояние околоземного космического пространства было в основном спокойным: возмущенная геомагнитная обстановка наблюдалась 3 суток, не достигая уровня магнитной бури. На геостационарных орбитах 11 суток регистрировался высокий уровень потоков высокоэнергичных электронов.

Основные характеристики больших и геоэффективных вспышек приводятся в таблице 3.

Таблица 3

Наиболее значительные геоэффективные солнечные вспышки и вызванные ими явления в околоземном космическом пространстве (октябрь 2004 года – октябрь 2005 года)

Дата	Начало UT	Длит. мин	Коорд. φ λ	Балл	Pg, сеп	Магнитные бури
30.10.04	1138	>20	N12W18	X1.2/SF	25	
30.10.04	1618	27	N15W20	M5.9/SN		
01.11.04	0304	32	N15W41	M1.1/1F	63	
03.11.04	1535	49	N11E40	M5.0/SN		
04.11.04	2142	71	N11N19	M2.5, M5.4/1N		ОБМБ 07 – 11.11
06.11.04	0011	157	N10E08	M9.3, M5.9, M3.6/2N		ОБМБ 07 – 11.11
07.11.04	1542	>33	N09W17	X2.0/2B	495	ОБМБ 07-11.11
09.11.04	1659	30	N07W51	M8.9/2N		ОБМБ 07-11.11
10.11.04	0159	76	N09W49	X2.5/3B	424	ММБ 11-12.11
30.12.04	2202	55	N03N48	M4.4/2N		ММБ 01-03.01
01.01.05	0001	94	N06E34	X1.7/2B		ММБ 01-03.01
15.01.05	0022	68	N14E08	X1.2/1B	312	БМБ 17.01
15.01.05	0426	33	N14E06	M8.4/1B	312	БМБ 17.01
15.01.05	0552	125	N11E06	M8.6/2B	312	БМБ 17.01
15.01.05	2154	190	N14W08	M1.0, X2.5/3B	312	УМБ 18-19.01
17.01.05	0702	305	N15W25	X3.8/2B	28	УМБ 18-19.01
18.01.05	1538	58	N19W40	M4.6/2N		УМБ 18-19.01
19.01.05	0658	178	N19W47	M6.7, X1.3/2N	652	ОБМБ 21-22.01
20.01.05	0635	139	N12W58	X7.1/3B	652	ОБМБ 21-22.01
06.05.05	1303	267	S09E28	C8.5/2F		УМБ 07-08.05
13.05.05	1613	213	N12E12	M8.0/2B	3140	БМБ 15-16.05
16.06.05	2001	>41	N09W87	M4.0/SF	44	УМБ 22-23.08
07.07.05	1607	75	N09E03	M4.9/SN		УМБ 09-11.07
09.07.05	2147	51	N11W27	M2.8/1N		УМБ 12.07
13.07.05	1345	>113	N10W80	M5.0/SF	102	
14.07.05	0557	>92	N11W73	M9.1/1N	102	

Дата	Начало УТ	Длит. мин	Коорд. φ λ	Балл	Pr, сеп	Магнитные бури
14.07.05	1016	>73	N11W90	X1.2/-	102	
27.07.05	0433	>58	N09E90	M3.7/-	32	
28.07.05	2139	>46	N09E82	M4.8/SF	41	
30.07.05	0608	212	N12E61	X1.3/2B		
22.08.05	1646	119	S12W60	M5.6/1N	330	ОБМБ 24-25.08
25.08.05	0431	31	N07E78	M6.4/1N		
07.09.05	1717	90	S06E89	X17.1/3B	1040	ММБ 09.09
08.09.05	2052	230	S14E74	X5.4/2B	1040	БМБ 10-11.09
09.09.05	0243	118	S13E66	X1.1/2F		
09.09.05	0532	87	S10E66	M6.2/1F		
09.09.05	0942	>43	S11E66	X3.6/1B		
09.09.05	1913	252	S10E58	X6.2/2B	1880	БМБ 12-13.09
10.09.05	1634	>17	S11E47	X1.1/SF		
10.09.05	2130	>72	S13E47	X2.1/1B	1880	БМБ 12-13.09
12.09.05	0837	53	S11E25	M6.1/2F		ММБ 14.09
13.09.05	1919	234	S09E10	X1.5, X1.4/2B	183	УМБ 15-16.09
13.09.05	2314	73	S10E03	X1.7/1B	183	УМБ 15-16.09
15.09.05	0830	66	S12W14	X1.1/2N		
17.09.05	0558	95	S10W39	M9.8/2N		

Оптический балл вспышек: F – слабая, N – нормальная, В – яркая; цифра перед буквой характеризует площадь вспышки, φ – гелиографическая широта, λ – угловое расстояние от центрального меридиана. Pr – поток солнечных протонов в максимуме в солнечных единицах потока протонов сеп – число протонов С энергиями > 10 МэВ через 1см² за 1с в стерадиане; GLE – вспышка проявилась в возрастании на нейтронных мониторах, что свидетельствует о приходе к Земле протонов с энергиями > 1 ГэВ. ММБ, УМБ, БМБ, ОБМБ – малая, умеренная, большая и очень большая магнитные бури.

В настоящее время можно с уверенностью сказать, что текущий цикл развивается по сценарию, типичному для средних по величине циклов солнечной активности. Сюрпризы текущего цикла объясняются недостаточностью наших знаний о законах развития циклов солнечной активности. Напомним, что научные наблюдения солнечных пятен начались лишь с 1849 года – с середины 9 солнечного цикла, т.е. уверенные данные мы имеем лишь за 13 одиннадцатилетних циклов или за 6,5 физических, двадцатидвухлетних. Можно сделать вывод, что в настоящее время нет ни одного метода, позволяющего дать прогноз развития цикла солнечной активности до его начала. Однако уже после 18 – 20 месяцев его развития можно с уверенностью определить его высоту, время наступления максимума и основные моменты его развития. По последним двум циклам солнечной активности наиболее успешный прогноз развития цикла после его начала дали метод Вальдмайера и метод подобия семейств солнечных циклов, предложенный автором. Для читателей, интересующихся воздействием солнечных явлений на Землю, в таблице 4 приводится список магнитных бурь за рассматриваемый период.

Таблица 4

Геомагнитные бури за октябрь 2004 – октябрь 2005

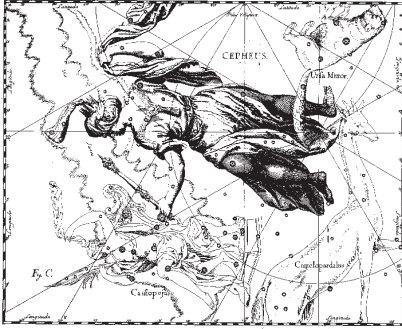
Дата t_0 UT	Дата t_c UT	t_c-t_0 (ч.)	A_p	A_{ms}	Источник
13.10 00	14.10 02	26	32	29	CH
07.11 1818	11.11 02	93	209	128	FI
06.12 11	07.12 03	16	21	31	CH
11.12 14	13.12 05	39	34	30	DSF
01.01 20	02.01 14	18	32	40	FI
02.01 17	03.01 23	30	23	26	FL
07.01 14	08.01 14	24	42	41	DSF+SB
12.01 01	12.01 24	23	29	32	CH+FL
16.01 2045	19.01 24	75	72	64	FLs
21.01 1711	22.01 05	12	76	72	FL
07.02 12	10.02 02	62	32	32	CH
05.03 19	08.03 08	61	42	33	CH
04.04 18	05.04 24	30	36	31	CH
11.04 21	14.04 05	56	33	31	CH
07.05 14	08.05 24	34	64	67	
15.05 0219	16.05 17	39	108	68	FI
20.05 04	20.05 16	12	34	24	CH
29.05 22	31.05 06	32	70	?	DSF
04.06 13	05.06 10	21	32	32	CH
06.06 22	07.06 11	13	32	14	CH
12.06 0740	13.06 14	30	34	47	DSF
16.06 07	17.06 07	24	27	26	CH
23.06 01	24.06 07	30	45	33	DSF
09.07 11	11.07 13	50	47	39	CH
12.07 01	13.07 24	47	51	41	FI
17.07 0146	18.07 07	29	35	26	CH
20.07 08	21.07 12	28	27	25	CH
27.07 15	28.07 15	24	26	24	CH
06.08 00	06.08 22	22	34	26	CH
24.08 0612	25.08 06	24	123	70	FI
31.08 13	01.09 05	16	36	42	DSF
02.09 1431	03.09 15	24	37	44	FI+CH
03.09 22	04.09 24	26	25	25	CH
09.09 10	09.09 24	14	20	18	FI
10.09 0300	13.09 24	93	116	72	FI
15.09 0907	16.09 11	26	48	37	FI

Дата t_0 – дата начала геомагнитной бури: месяц, число и время в UT; Дата t_c – дата конца геомагнитной бури: месяц, число и время в UT; t_c-t_0 – длительность магнитной бури; A_p – планетарный индекс геомагнитной активности; A_{ms} – индекс геомагнитной активности по всей продолжительности магнитной бури; Источник – солнечное событие, следствием которого явилась данная магнитная буря: DSF – выброс волокна, CH – корональная дыра, FI – солнечная вспышка.

ПРОГУЛКА ПО ЗВЕЗДНОМУ НЕБУ

Созвездия летнего неба

В.А.Позигун



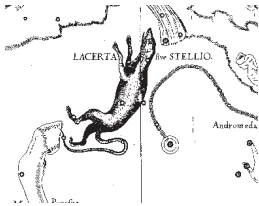
ЦЕФЕЙ (Cepheus – Cep). Созвездие Цефей состоит из слабых звездочек и, вероятно, поэтому занимает скромное место среди других созвездий. Но круг героев одного из мифов достаточно велик: это Кассиопея, Цефей, Андромеда, Персей, Пегас, Кит. Царь Цефей спокойно управлял бы своей процветающей страной Эфиопией, если бы однажды его супруга, царица Кассиопея, не совершила поступок, обрушивший неисчислимые бедствия на

Эфиопию (см. созв. Кассиопея в ОАК-2003).

Из звезд созвездия Цефей следует упомянуть звезду дельта (δ) Цефея. Переменность блеска этой звезды была открыта глухонемым юношей Джоном Гудрайком. Это открытие положило начало новому классу переменных звезд – классу «цефеид». В 1782 году Королевское общество Великобритании присудило ему высшую награду – медаль Копли – за открытие переменности блеска звезды Алголь. Это произошло за год до открытия первой цефеиды. Этот талантливый исследователь умер рано, в 1786 году, 21 года от роду.

На полпути между α и δ Цефея, есть уникальная звезда – μ Цефея. Ее необычный темно-красный цвет привлек внимание астронома Вильяма Гершеля, который назвал ее «гранатовой» звездой. Это одна из самых холодных звезд, температура ее поверхности вряд ли превышает 2000 градусов.

Основные звезды Цефея. Это Альдерамин (α Сер). Название этой звезды происходит от ошибочно отнесенного сюда в эпоху средневековья араб. имени звезды альфа Близнецов – «ад-дира» – «локоть (Льва)». Другие звезды также имеют названия: Альфирк (β Сер); Альраи, Эрраи (γ Сер) – от араб. «ar-raii» – «пастух»; Алькорхах (ξ Сер) – от араб. «al-korghah» – «язва»; Эракис (μ Сер). Цепочка звезд $\alpha - \beta$ Сер носит название «две разлучающиеся звезды» от араб. слова «kawka-ba-Al-fark». Так она называется потому, что имеет сходство с проборам в волосах. Цепочка $\eta - \theta$ Сер носит название «поварской горшок» от араб. слова «al-kidr».



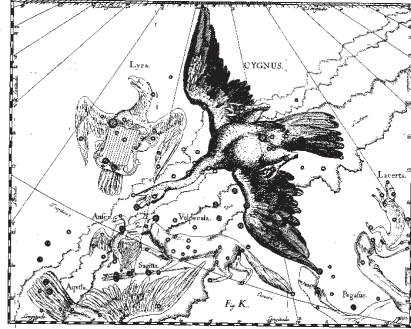
ЯЩЕРИЦА (Lacerta – Lac). Маленькое созвездие, введенное Яном Гевелием в 1690 г., так как на карте не хватило места для изображения более крупного животного. Часто, вводя свои названия, Гевелий фактически не принимал во внимание принципа сходства. С этой точки зрения все его названия со-

звездий являются произвольными, но каждое из наименований имело, по крайней мере, в глазах самого Гевелия, какое-то обоснование. Например, слабые звездочки можно посчитать мелкими блестками на чешуе маленького изящного пресмыкающегося.

Главная звезда Ящерицы – слабенькая звезда α Лас. Ее звездная величина 3.8^m.

ЛЕБЕДЬ (Cygnus – Cug). Место современного созвездия Лебедя (а также часть созвездия Цефея) в астрономии Древнего Вавилона занимало созвездие «Пантера-грифон». В греческой мифологии птица лебедь была посвящена Аполлону как богу солнечного света, часто изображавшемуся верхом на лебедь или в колеснице, запряженной лебедями. Кроме того, несколько античных героев носили имя Кикн (греч. *Cygn* или *Cugn*). Первый герой, сын Сфенела, царь Лигурии, был другом Фазтона. Фазтон, сын бога Солнца Гелиоса, не смог удержать колесницу, запряженную крылатыми конями. Зевс, спасая Землю от пожаров, своей молнией разбил колесницу, остатки которой разбросаны по небу в виде звезд, а сын бога Гелиоса упал в воды Эридана и погиб. Его друг Кикн так долго искал останки Фазтона на берегах реки и скорбел о его гибели, что боги превратили Кикна в белоснежного лебедя, постоянно живущего у воды. А изображение летящего лебедя поместили на небо как знак друга, всегда приходящего на помощь. Второй сын Аполлона, как и его друг Филлий, был превращен в лебедя. Третий, сын Посейдона, сражавшийся на стороне греков в Троянской войне, был убит Ахиллом и превращен в лебедя. В этом созвездии видели также лебедя, в образе которого Зевс овладел царицей Ледой, матерью братьев Диоскуров (см. Близнецы, ОАК-2001).

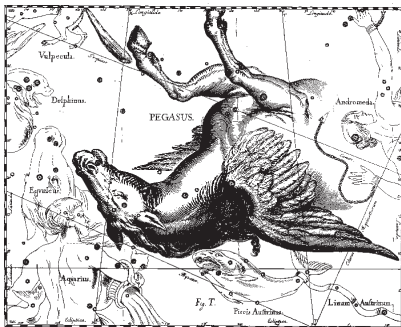
Еще одно греческое предание увековечило в этом созвездии сына речного бога Эагра и музы Каллиопы певца Орфея. Женой Орфея была прекрасная нимфа Эвридика. Но недолго наслаждался Орфей счастливой жизнью со своей женой. Однажды Эвридика собирала цветы. Она не заметила в густой траве змею и наступила на нее. Ужалила змея юную жену Орфея, и жизнь ее оборвалась. Долго оплакивал Орфей свою Эвридику и, наконец, решил спуститься в мрачное царство душ умерших, чтобы упростить владыку Аида и его жену Персефону вернуть ему Эвридику. Долго и труден был путь в царство мертвых, но своей игрой на лире (см. Лира) и пением Орфей очаровал Аида и Персефону. Они обещали вернуть Эвридику в число живых. Но при этом было поставлено условие, чтобы он во время пути по подземному царству не оглядывался и проверял, следует ли за ним жена. Идут они назад к свету. Но не слышит Орфей шагов за спиной, ведь за ним следует лишь бесшумная тень. Вот уже и выход близко.



Все сильнее и сильнее охватывает Орфея тревога за Эвридику. Забыв все, он остановился и обернулся. Почти рядом с собой увидел он тень Эвридики. Протянул к ней руки Орфей, но тень исчезла во мраке. Орфей за супружескую верность и искусство пения вместе с лирой был обращен в Лебеда и помещен на небе.

Основные звезды Лебеда. Это Денеб (α Cyg). Название Денеб происходит от арабского «ад-данаб» «хвост», что соответствует положению звезды в созвездии. Другое название этой звезды – «Аридел» восходит к араб. оригиналу, который, в свою очередь, является переводом лат. *lucida* – «яркая, светлая (звезда)», «Аридиф» от араб. *Ar-Ridf* – «крестец, огузок (лебеда)». α Лебеда – белый сверхгигант раннего спектрального класса A2; его светимость больше светимости Солнца в 80 000 раз. Другие звезды также имеют названия: Альбиreo (β^1 Cyg). Название является искаженной лат. фразой «*ab igeo*», описывающей положение звезды в созвездии – «в голове птицы», еще одно название этой звезды «куриный клюв» – от араб. *Mincar-od-Dagagah*. Другие звезды: Гиены лебеда (ϵ Cyg); Садр (γ Cyg); Азельфафаре (π^1 Cyg); Рубха (ω Cyg). Цепочка звезд δ - γ - ϵ - ζ Cyg носит название «рыцари, витязи» от араб. *Al-Fawares*.

ПЕГАС (Pegasus – Peg). В греческой мифологии Пегас – крылатый конь. Персей отрубил голову Медузы Горгоны, и с потоками крови из тела Медузы



взвился к небу дивный конь с белоснежными крыльями – Пегас (и великан Хрисаор). Пегас жил на горе муз – Гелиоконе. Там от удара его копыта появился источник (Гиппокрена), вода из которого вдохновляла поэтов. Пегас стал любимцем девяти муз, дочерей Зевса и богини памяти Мнемозины. На высоком Парнасе бог Аполлон водит хороводы с музами и сопровождает их пение игрой на золотой кифаре. Муза эпической поэзии Каллиопа, муза лирики Эвтерпа, муза комедии

Талия, муза танцев Терпсихора, муза истории Клио, муза астрономии Урания и муза священных гимнов Полигимния полюбили крылатого коня Пегаса. Пегас стал конем писателей и поэтов, на нем они возносятся на Парнас, к богу Аполлону и музам.

Впоследствии Пегас был пойман и взнуздан Беллефонтом, который верхом на Пегасе смог убить ужасное чудовище, извергавшее пламя, трехликую Химеру. Ее породили ужасный Тифон и исполинская Ехидна. Спереди Химера была львом, в середине – горной, дикой козой, а сзади – драконом. Много других подвигов совершил Беллефонт. Возгордился великий герой и захотел стать равным богам-олимпийцам. Беллефонт пытался проникнуть на Пегасе на Олимп, но разгневанный Зевс наслал на крылатого Пегаса ярость, и сбросил он Беллефонта на землю. Пегас взлетел один и был превращен Зевсом в созвездие. От падения на землю могучий герой лишился разума. Долго безумный и искалеченный Беллефонт блуждал по земле, блуждал до самой смерти.

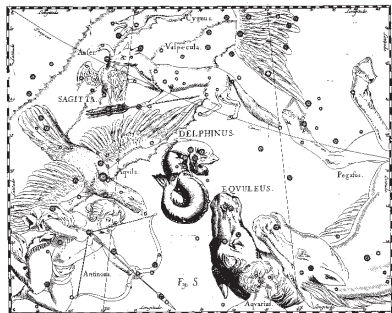
По другому мифу произошло это так: поэт-певец встретил во время своих странствий по разным странам крестьянина, который впряг в свой плуг вместе с волами крылатого коня. Крестьянину продал его один нищенствующий поэт. Но конь вырвался, путник вскочил на него, и Пегас вместе с поэтом-певцом вознесся на небо.

Основные звезды Пегаса. Это Маркаб (α Peg). Название произошло от арабского манкиб ал-фарас – “плечо лошади”. Есть другое название этой звезды – араб. Matnol-Faras – “спина лошади”. Имеют имена и другие яркие звезды: Шеат (β Peg) – араб. сак – “колено” или араб. Mankibol-Faras – “пастухи лошади”; Альгениб (γ Peg) – араб. Ganahol-Faras – “крыло лошади”; Эниф (ϵ Peg) – араб. Анф – “нос (лошади)” или араб. Famol-Faras – “рот (лошади)”; Матар (η Peg); Садалбари (μ Peg); Хоман (ζ Peg); Бихам (θ Peg); Керб (τ Peg) или Сальма. Цепочка звезд α - β - γ Peg - α And носит название от араб. Al-Dalw “ведро для воды”; цепочка α - β Peg – “передний отток” (оттоками у арабов называли деревянные распорки, которые вставлялись крест-накрест в кожаное складное ведро); цепочка γ Peg- α And – “задний отток”; цепочка τ - ν Peg- “страусы”; цепочка θ - ν Peg-“счастье лошади”; цепочка ζ - ξ Peg – “счастье кавалера”; цепочка λ - μ Peg – “счастье умелого”; цепочка η - \omicron Peg – “счастье дождя”. У арабов было десять групп звезд, считавшихся счастливыми. Их названия начинались со слова saad – “счастье”.

МАЛЫЙ КОНЬ (Equuleus – Equ). Раньше созвездие Пегас называлось «Большой Конь» и, естественно, рядом был «Малый конь» (или «Жеребенок»). Считается, что Малый Конь – это Целарис, брат крылатого Пегаса. Птоломей называл это созвездие «Передняя часть коня».

Главная звезда Малого Коня – Китальфа (α Equ). Название происходит от арабского слова кит’ат ал фарас –“(передняя) часть коня”.

СТРЕЛА (Sagitta – Sge). В греческой мифологии стрелы встречаются постоянно. Зевс метал молнии и стрелы. Бог света Аполлон убил золотыми стрелами дракона Пифона, преследовавшего его мать Латону по приказанию мстительной богини Геры. Прекрасная Артемиды, богиня- охотница, родилась одновременно с Аполлоном, они боги-близнецы. У Артемиды также за спиной всегда находится серебряный лук с золотыми стрелами, от которых не может спастись ни одно животное. Ядовитыми стрелами, отравленными желчью гидры, поражал своих врагов Геракл. Он убил орла, клевавшего печень Прометея, и освободил его. Он случайно смертельно ранил кентавра Хирона. Но больше всего знамениты стрелы Эроса (у римлян Амур или Купидон). В руках у Эроса золотой лук с золотыми стрелами, которые несут с собой радость и горе, счастье и муки любви. Это одно из самых древних созвездий. Впервые упоминается в трудах астронома 4-того века до нашей эры Евдокса Книдского. Главная звезда Стрелы – Шам (α Sge).



ДЕЛЬФИН (Delphinus – Del). В греческой мифологии существует несколько объяснений возникновения названий этого созвездия. Иногда оно связывалось с дельфином, спасшим поэта Ариона и помещенным в награду на небо. В других – это спаситель великого певца Орфея, которого завистливая команда корабля хотела убить и завладеть его богатством. Но чудесное пение Орфея привлекло дельфинов, которые доставили его на землю. Иногда с дельфином связывают Аполлона, в которого он обратился, когда переплывал на остров Крит для совершения очистительного обряда после убийства Пифона (змея, обитавшего вблизи города Дельф). В некоторых мифах – это один из тирренских разбойников, обращенных Дионисом в дельфинов. По другой легенде, Дионис, спасаясь от морских пиратов, бросился в море, превратившись в дельфина.

Согласно еще одной легенде, повелитель морей бог Посейдон любит нестись быстро по морю, а вокруг него играют дельфины. Когда взмахнет Посейдон своим грозным трезубцем, то на море начинается буря, когда простирает трезубец над водой – волны успокаиваются. Только любимые дельфины плещутся в море. Посейдон поместил дельфина на небо, увековечив его. Впервые созвездие Дельфина появилось в сочинениях астронома IV века до н.э. Евдокса Книдского.

Забавно и курьезно происхождение имен двух звезд – альфа Дельфина (Суалокин) и бета Дельфина (Ротанев). Эти загадочные названия впервые появились в 1814 году в звездном каталоге Джузеппе Пьяцци (Пиаци) и оказались шуткой астрономов. Имя Никколо Каччаторе, помощника Пиаци, по ученой традиции приводилось в латинской форме (Николаус Венатор) (итал. *Sacciatore* и лат. *Venator* означает одно и то же – «охотник»). Прочтите наоборот, справа налево, и получите имена звезд – альфа Дельфина (Суалокин) и бета Дельфина (Ротанев).

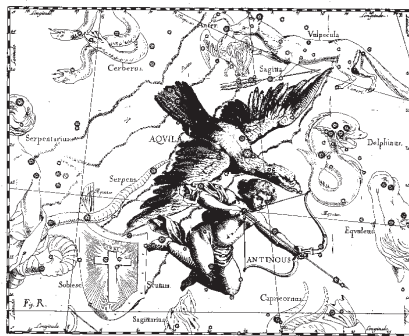
Основные звезды Дельфина – Суалокин (α Del), Ротанев (β Del) и Денеб Эль Дельфини от арабского *Zonab-od-Dolfini* – “Дельфиний хвост”. Цепочка звезд α - β - γ - δ Del называется “ожерелье” от араб. *Al-Okoood*. Эта же цепочка звезд имеет еще два названия: “сидящий народ” от араб. *Al-Kood* и “крест” от араб. *As-Salib*.

ЛИСИЧКА (Vulpecula – Vul). Созвездие Лисичка ввел Ян Гевелий. Он изобразил созвездие в виде лисы с гусем в зубах. Отсюда и появилось новое созвездие Гусь. По словам Гевелия: «Лисица – животное лукавое, жестокое и прожорливое, подобно Орлу, а потому их соседство на небе должно выглядеть вполне естественным». Главная звезда Лисички – Ансер (α Vul).



ОРЕЛ (AQUILA – Aql). В греческой мифологии орел считался царем животных, воплощением бессмертия и военным символом Зевса. Поэтому не удивительно, что Орлу нашлось место на небе. Миф связывает Орла и Проме-

тея. Могучий титан вопреки воле Зевса похитил с Олимпа огонь и дал его людям. Он дал им знания, научил земледелию, ремеслам, постройке кораблей, чтению и письму. Прометей сделал жизнь людей более счастливой и поколебал власть Зевса и олимпийских богов. Но главная вина Прометея в том, что он не захотел открыть Зевсу тайну – от кого родится у Зевса сын, который будет могущественнее его и свергнет его с престола. За это был прикован к скале Прометей. Страдал он от жгучего зноя летом и ледящего холода зимой. Каждое утро прилетал орел и рвал своим клювом печень титана. Но однажды во время странствований приходит Геракл к этой скале, убивает орла и освобождает Прометея. Кончились его муки. Так исполнилось его предсказание, что смертный освободит его. А орел увековечен на небе.



Орел, как военный символ, символ бессмертия и власти, часто изображался на штандартах, флагах, гербах, монетах и т.д.

Основные звезды Орла. Это Альтаир (α Aql). Название произошло от араб. *Al-Nasr-ol-Taig* – “орел” или “летающий орел”. Альтаир – одна из ближайших к Солнцу звезд, расстояние до нее всего 5,15 пк. Светимость Альтаира больше светимости Солнца в 8 раз. Другие яркие звезды, имеющие имена: Альшаин (β Aql); Таразед (или Реда) (γ Aql); Денеб эль Окаб от араб. *Tharab-ol-Okab* – “хвост стервятника”. Это имя было введено Улугбеком. Цепочка звезд ι - λ Aql называется Аз-Залееман от араб. *Az-Zaleeman* – “два самца страусов”. Звезды δ Aql, θ Aql и η Aql раньше относились к созвездию Антиной, которого сейчас нет.

α Лиры Вега, α Орла Альтаир и α Лебеда Денеб образуют «Легкий треугольник»; он виден в Северном полушарии в летние и осенние месяцы.

НОВОСТИ АСТРОНОМИИ И КОСМОНАВТИКИ

М. И. Рябов

Посадка на Титан – панорамы удивительного мира. 15 января 2005 года войдет в историю космических исследований. В этот день спускаемый аппарат «Гюйгенс» Европейского космического агентства вошел в атмосферу спутника Сатурна Титана и совершил успешную посадку на его поверхность. В настоящее время это самая удаленная посадка космического аппарата за всю историю космонавтики. Во время спуска и посадки сделано 350 снимков поверхности и атмосферы.

На снимках поверхность Титана – оранжевого цвета с ледяными «бульжниками», над ней небо цвета мандарина. На другом снимке, сделанном в момент спуска, отмечен массив суши с системой каналов, впадающих в массив темной жидкости – возможно, это жидкий метан. Виден также край метановой дымки, которая скрывает часть ландшафта. Район посадки зонда покрыт тонкой коркой, под которой вещество по консистенции напоминает мокрый песок. Данные передавались через космический корабль «Кассини», который совершил семилетнее путешествие вместе с «Гюйгенсом», а после его отделения продолжал полет по орбите вокруг Сатурна. «Гюйгенс» вошел в атмосферу Титана по расчетной траектории на высоте 1270 км от поверхности, его системы включились и отработали нормально. В ходе снижения сработало три тормозных парашюта, была сброшена защитная обшивка, которая защищала зонд от избыточного разогрева в результате трения при входе в атмосферу, и аппарат успешно «прититанился». Давление на поверхности спутника – 380 мм.рт. ст., температура минус 178 градусов по Цельсию. На спутнике дуют ветры, скорость которых достигает 26 км/ час. На Землю были переданы записи шума ветра, а на снимках видна сложная сеть узких дренажных каналов, тянущихся от более яркой горной местности к низинным темным районам. Эти каналы сливаются в речные системы с островками и мелководьем, точно так же, как на Земле. Правда, на Земле в реках течет вода, а на Титане – метан – простейшее из органических соединений. На спутнике Сатурна сила тяжести в 7 раз меньше земной, а температура колеблется от -170°C до -180°C. И в этих условиях даже небольшое изменение температуры приводит к переходу метана из газообразного состояния в жидкое и обратно. Титан, атмосфера которого состоит в основном из азота и метана, может напоминать Землю – такую, какой она была около 4 миллиардов лет назад. Спутник Сатурна Титан может рассказать ученым о том, какого рода химические реакции предшествовали зарождению жизни на нашей планете.

Не менее интересными оказались результаты исследования самого Сатурна. Получена панорама неба Сатурна в северном полушарии, которое с орбиты космического аппарата самым неожиданным образом оказалось голубого цвета. Такого же цвета и кольца планеты. В настоящее время северное полушарие Сатурна с Земли не видно, планета обращена к нам южным полюсом. Оказалось, что цвет неба южного полушария

желтый, как и цвет верхних слоев атмосферы Сатурна, определяемый рассеянием света в водородной атмосфере.

Таким образом, создается впечатление, что северное небо на Сатурне голубое, а южное желтое. На этом «сюрпризы» не закончились. Совместные наблюдения Сатурна аппаратом «Кассини» и космическим телескопом Хаббла позволили обнаружить полярное сияние над обращенным к Земле южным полюсом планеты. Оно возникло под действием энергичных солнечных частиц от мощных вспышек на Солнце. Под воздействием потоков энергичных частиц, так называемого «солнечного ветра», в магнитосфере Сатурна создаются плазменные волны, которые издают низкочастотные сигналы подобные особой космической «музыке». Звуки этой необычной музыки, отражающей порывы «солнечного ветра», зарегистрированы космическим аппаратом. В феврале проводились наблюдения и исследования спутников Титана, Энцелада и Реи.

17 февраля 2005 года американский межпланетный зонд «Кассини» впервые прошел в непосредственной близости от спутника Сатурна – Энцелада. В момент наибольшего сближения их разделяло расстояние в 1180 км. Ледяная поверхность спутника покрыта сетью замысловатых полос и каналов. В каждом спутнике Сатурна кроется какая-то тайна. На Рее, втором по величине после Титана спутнике Сатурна, видны необычные светлые следы. Снимки с высоким разрешением показывают, что они включают в себя длинные, переплетенные детали на поверхности. Рея состоит в основном из водяного льда и, скорее всего, из небольшого каменного ядра. Орбитальный и осевой периоды вращения Реи совпадают, как у нашего спутника – Луны, поэтому Рея всегда обращена к Сатурну одной стороной. «Видимая» сторона Реи гораздо сильнее изрезана кратерами, чем «невидимая», снятая «Кассини».

Станет ли планетоид «Лила» десятой планетой Солнечной системы?

В конце июля 2005 года появились сенсационные сообщения об обнаружении десятой планеты Солнечной системы. Американские астрономы официально объявили, что в результате исследований в обсерватории Паломар, с помощью 48-дюймового телескопа Самюэля Осчина, была обнаружена 10-ая планета Солнечной системы, орбита которой находится за орбитой Плутона. Планета вращается вокруг Солнца по орбите, радиус которой примерно в 97 раз больше радиуса орбиты Земли. Первые фотографии объекта были получены 31 октября 2003-го года. Новые данные о динамике движения этого объекта поступили к январю 2005-го года, что позволило определить принадлежность этого объекта к нашей Солнечной системе. В течение семи последних месяцев ученые пристально изучали «10-ю планету». Они пришли к выводу, что по размерам она близка к 3000 километров и, скорее всего, превосходит Плутон. При этом состоит она в основном из горных пород и льда. Распространилась информация о том, что один из первооткрывателей новой планеты Солнечной системы – Майкл Браун – подал заявку в Международный Астрономический Союз (IAU) с просьбой назвать планету именем своей дочери. Объект пока назван как 2003UB313. Первооткрыватели предложили для нее романтическое имя «Лила» (имя дочери Май-

ка Брауна, переводится как «Сирень»). Обращаем внимание читателей, что в марте 2004 года тоже была открыта «десятая планета Солнечной системы». Она была замечена американскими астрономами на снимках, полученных аппаратурой инфракрасного космического телескопа «Спитцер» и камерами орбитальной обсерватории имени Хаббла. По предварительным данным, диаметр этой планеты также оказался не менее 2000 километров. Большая полуось ее орбиты около 10 миллиардов километров, что в полтора с лишним раза превышает большую полуось орбиты Плутона. Первооткрыватели назвали новую планету Седной – в честь морского божества эскимосского племени инуитов.

Вероятнее всего, «открытия» десятой планеты с каждым годом станут все чаще, поскольку возрастают возможности техники обнаружения удаленных объектов. Причем таких объектов в виде астероидов и ядер комет в поясе Койпера и облаке Оорта за орбитой Нептуна «несть числа». Так что, вероятнее всего, вновь открытый объект имя «Лила» все же получит, а «звание» планеты вряд ли. Скорее, вновь возникнет вопрос: «является ли Плутон планетой?». Однако, сила привычки выше обстоятельств. Общественность не хочет расставаться с планетой Плутон, по этому поводу в США были даже демонстрации.

Юбилей полета «первых космонавтов». 45 лет назад (1960, 19-20 августа) космический корабль «Восток» с собаками Белкой и Стрелкой на борту совершил суточный полет с возвращением на Землю. Благодаря их успешному полету открылась дорога в космос и человеку. В 1959 году в Советском Союзе специальные комиссии приступили к отбору кандидатов в отряд космонавтов, а уже в марте 1960 года будущие космонавты приступили к тренировкам по специальной программе. В это же время конструкторы во главе с Сергеем Королевым работали над созданием космического корабля, способного поднять человека на орбиту и вернуть его на Землю. Беспилотные запуски сменились экспериментами с собаками. Были неудачи и даже трагедии. Взрывались ракеты, гибли животные. И вот 19 августа 1960 года советская ракета вывела на орбиту корабль «Восток», на борту которого находились собаки Белка и Стрелка. Оба «космонавта» были обычными дворняжками. Для полета собакам сшили специальные костюмы красного и зеленого цветов. Помимо собак, на борту находились две белые крысы и несколько мышей. Старт состоялся с космодрома Байконур в 15 часов 44 минуты. На следующий день, 20 августа, спускаемый аппарат с животными на борту благополучно приземлился в заданном районе. Вернувшиеся с орбиты собаки стали объектом повышенного внимания и спустя сутки принимали участие в пресс-конференции, устроенной в здании ТАСС. Обе они дожили до весьма преклонных лет. Стрелка оставила после себя многочисленное потомство. А один из ее щенков по имени «Пушок» – был подарен Жакину Кеннеди.

Марсианские хроники. «Одиссей» – четыре года исследований Марса. Мало кому известно, что наличие больших запасов воды на Марсе обнаружено российским прибором «ХЕНД», установленном на борту американского аппарата «Одиссей», который чувствует себя прекрасно и продол-

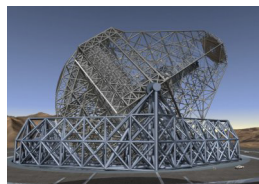
жает радовать создателей новыми результатами. Об этом рассказал заведующий лабораторией космической гамма-спектроскопии Института космических исследований РАН, в которой был создан прибор, Игорь Митрофанов. Он участвовал в первом рабочем совещании руководителей научных экспериментов на лаборатории-марсоходе 2009 года, организованном расположенной в Пасадене (штат Калифорния) Лабораторией реактивного движения, откуда осуществляется управление всеми американскими межпланетными аппаратами. Наблюдения на красной планете ведутся уже второй марсианский год (четвертый по земным меркам) и позволяют фиксировать вариации в количестве «снега» из углекислоты, выпадающего на поверхность Марса от зимы к зиме. Данные наблюдений показывают, что один марсианский год отличается по своей погоде от другого.

Хроника будущих исследований Марса. 27 августа 2005 года осуществлен первый маневр американского межпланетного аппарата «Mars Reconnaissance Orbiter» (MRO – «Марсианский орбитальный разведчик»), стартовавшего 19 августа 2005 года с космодрома на мысе Канаверал. По заверениям НАСА, этот аппарат должен собрать больше данных о Красной планете, чем все предыдущие марсианские экспедиции вместе взятые. «Разведчик» не собирается высаживаться на поверхность Марса, он вооружен шестью новейшими приборами, которые позволят брать тончайшие анализы и разглядывать предметы размером в 30 см. Вес разведчика рекордный – 2,18 тонны, хотя более тонны уходит на топливо, необходимое для коррекции орбиты. Это самый тяжелый и крупный из аппаратов, работавших у Красной планеты. «Mars Reconnaissance Orbiter» доберется до марсианской орбиты в марте 2006 года. В настоящее время вокруг Марса летают американские аппараты «Mars Global Surveyor» и «Mars Odyssey», а также европейский «Mars Express». Марсоходы «Spirit» и «Opportunity» после героических трудов уже практически не подают признаков жизни.

Впереди эпоха телескопов-гигантов. В Великобритании было объявлено о начале реализации европейского проекта по строительству сверхбольшого телескопа. Этот телескоп будет в 10 раз больше самого крупного из ныне существующих, и проникать в глубины космоса в 40 раз дальше, чем самый «зоркий» на сегодня телескоп «Хаббл».

Строительство гигантских телескопов необходимо, чтобы сохранять нынешние темпы развития астрономии. Новые проекты рассматриваются сразу в нескольких странах: США и Канада планируют создание телескопа с 30-метровым зеркалом; европейцы же хотят построить собственный телескоп, названный «Сова» или ELT.

Размеры его главного сферического зеркала могут достигать 100 метров. Перед инженерами стоит сложная задача наладки компьютеров, которые будут компенсировать деформации зеркала, состоящего из множества шестиугольных фрагментов. Если все сложности будут преодолены, астрономы с помощью «Совы» смогут заниматься поисками планет, сравнимых с Землей, в системах других звезд.



Поиски таких планет и, соответственно, жизни во Вселенной, станут важнейшей задачей ELT, и ученые уверены, что именно в этой области будет наблюдаться особое продвижение благодаря новым телескопам. Астрономы уже обнаружили около 150 планет, обращающихся по орбитам вокруг других звезд. Открытия эти сделаны при помощи косвенных наблюдений, когда существование планеты было вычислено через гравитационное влияние на звезду. С появлением телескопов-гигантов количество открываемых планет у звезд нашей Галактики возрастет многократно.

Космическому телескопу «ХАББЛ» – 15 лет. 25 апреля 1990 года космический челнок «Дискавери» вывел на орбиту космический телескоп «Хаббл». Диаметр зеркала телескопа 2,4 метра, длина 13,3 метра, общая масса составляет 11 тонн, стоимость 250 млн. долларов.

Великолепны фотографии Вселенной, полученные «Хабблом», их общее количество достигает 700 тысяч. В числе его блестящих достижений:

- определение возраста Вселенной – 13,7 миллиарда лет;
- доказательство существования темной материи и темной энергии;
- проведение глубоких обзоров неба и обнаружение сверхдалеких галактик возраст которых всего около 1 миллиарда лет;
- обнаружено существование сверхмассивных черных дыр в центрах галактик;
- зарегистрирована космическая катастрофа – столкновение кометы Шумейкера-Леви с Юпитером в 1994 году;
- доказано, что процесс формирования звезд и планетных систем происходит по всей нашей Галактике;
- обнаружены предсказанные А.Эйнштейном “гравитационные линзы” – галактики и скопления галактик, дающие изображения удаленных объектов во Вселенной, расположенных за ними. Все это далеко не полный перечень его научных достижений.

Полет космического телескопа “Хаббл” завершается. На смену “Хабблу” пришли космические телескопы «Спитцер», «Чандра» и другие, создаются телескопы-гиганты на Земле. Эпоха блестящих астрономических открытий «Хаббла» будет продолжена.

Тайны рождения галактик и звезд. В феврале 2005 года астрономам удалось обнаружить необычные «галактики-невидимки», представляющие собой галактики без звезд.

По словам ученых, таинственный объект вращается наподобие галактики, но, похоже, почти целиком состоит из темной материи. Темную материю невозможно наблюдать напрямую, эта галактика была обнаружена по линии излучения нейтрального водорода, которую «видят» радиотелескопы. Так что «видимая» материя в галактике есть, самое удивительное состоит в том, что в ней совсем нет звезд! При этом галактика-невидимка находится не так и далеко от нас на расстоянии 50 миллионов световых лет от Земли, в скоплении Девы. Ее масса в сотни миллионов раз больше массы Солнца. Объект был впервые обнаружен в 2000 году при помощи радиотелескопа, регистрирующего излучение, создаваемое водородом. Однако ученым потребовалось почти пять лет, чтобы найти объяснение увиденному феномену.

Другое открытие 17 «невидимых галактик» было получено на космическом инфракрасном телескопе «Spitzer». Они видны только в инфракрасных лучах, и там тоже не видно звезд. Однако эти галактики находятся на огромном расстоянии от нас, в 11 миллиардов световых лет. Их возраст всего 3 миллиарда лет. Высокая яркость инфракрасного излучения этих галактик вызвана только родившимися звездами, скрытыми огромными облаками силикатной пыли.

Астробиология находит "ключи" от тайн жизни на Земле. С 14 по 18 марта 2005 года в США проводила свою работу 36-я Международная конференция по исследованиям Луны и планет. Один из дней заседаний был посвящен годовщине полета европейской космической станции «МАРС ЭКСПРЕСС». В числе важнейших результатов ее исследований названо обнаружение метана в нижних слоях марсианской атмосферы.

Появление этого газа связывают с льдом, находящимся на марсианской поверхности, и в результате появились гипотезы о возможности существования биологического источника метана.

Ученые надеются, что миссия аппарата «Феникс лэндер», намеченная на 2007 год, позволит получить больший доступ к потенциально обитаемым зонам и, если жизнь на Марсе действительно существует, то, в первую очередь, она может быть обнаружена именно во льду.

Сенсацией стало сообщение об аналогах таких «обитаемых зон» на Земле. Исследовав смесь бактерий в зоне вечной мерзлоты на Аляске при температурах минус сорок градусов, ученые обнаружили факт производства газов, а этот процесс – один из «побочных эффектов» метаболизма. Ранее считалось, что в подобных экстремальных условиях бактерии неактивны.

Обнаружение бактерий, способных существовать на огромных глубинах при низких температурах и исключительно высоком давлении, наглядно показывает, в каких экстремальных условиях способна существовать жизнь. Возможно, в подобных условиях живые организмы существуют и на других планетах.

Космический мусор угрожает полетам. Космическое управление военно-воздушных сил США отслеживает в околоземном пространстве порядка 13 тысяч объектов размером с бейсбольный мяч и крупнее, из которых только 6% действующие спутники. Благодаря постоянным наблюдениям они не угрожают полетам, в отличие от более мелких объектов. Однако это еще не все. Оказывается, кроме 100-200 тысяч космических обломков размером от камешка до бейсбольного мяча, есть миллионы еще более мелких. По данным доклада NASA, выпущенного в этом году, вероятность катастрофы при столкновении их с МКС или шаттлами – 1/200. Это ужасающий показатель. В НАСА надеются снизить вероятность угрозы до 1/600.

Удар по ядру кометы «Темпель-1» – первые итоги. Агенство НАСА вело прямой репортаж о столкновении ударного модуля космического аппарата «Deer Impact» с кометой. За произошедшей космической катастрофой в интернете «наблюдало» 80 миллионов пользователей по всему миру. Это абсолютный рекорд. При столкновении «снаряда» с кометой произошло



две вспышки: первая – при касании поверхности ядра кометы и вторая – чуть позже. Вторая вспышка была существенно сильнее первой, при ней яркость кометы возросла примерно в 5 раз, затем из кометы было выброшено мощное облако обломков, пыли и содержащихся под ее поверхностью газов. Аппарат упал как раз между двумя кратерами диаметром около полукилометра. Измерения показали, что зонд пробил поверхность и прошел глубоко внутрь до того, как успел испариться.

Изменение орбиты кометы при ударе составило всего 10 сантиметров, что говорит о том, что не так просто сбить комету с траектории ее движения.

Открытие планеты у «тройной» звезды. Гигантский телескоп «КЕК-2» с диаметром зеркала в 10 метров, расположенный на горе Мауна-Кеа на Гавайских островах впервые обнаружил планету у необычной «тройной» звезды. Эта звезда под именем HD 188753 расположена в созвездии Лебедя на расстоянии 149 световых лет от Солнца. Наблюдения показывают что она является «тройной» звездной системой. Самая большая желтая звезда этого семейства подобна нашему Солнцу, средний компаньон представляет собой оранжевую звезду, а самая маленькая – красная. Планета по размерам подобна Юпитеру движется по орбите на таком же расстоянии от самой массивной желтой звезды как и Сатурн в нашей солнечной системе. Благодаря этому открытию существенно расширилось число кандидатов в экзопланетные системы, ведь ранее полагалось, что устойчивые планетные системы возможны только у одиночных звезд.

«СПИТЦЕР» впервые «увидел» планету у другой звезды. Открытия планет у других звезд начались в 1995 году. Обнаружены они были косвенными методами по смещениям линий в спектре звезды, вызванным ее движением вокруг общего центра масс системы, либо по периодическому ослаблению блеска звезды, если планета затмевает ее диск. Методика поиска планет у звезд по ослаблению их блеска настолько отработана, что поиск планет могут вести даже любители астрономии, имеющие телескопы с цифровыми камерами! В конце 2004 года было известно 133 планеты, в начале марта – 145, а к настоящему времени известно уже в общей сложности 152 планеты в 134 звездных системах! Однако, только в этом году удалось получить прямое изображение планеты у другой звезды.

С запуском космических телескопов-интерферометров, способных получать изображения отдельных звезд и планет вокруг них, можно будет ответить на вопрос насколько наша планетная система типична или уникальна.

Космический телескоп «ХАББЛ» обнаружил два новых спутника Плутона. Анализируя данные наблюдения планеты Плутон и его окрестностей, проведенные космическим телескопом «Хаббл» в мае 2005 года, ученые обнаружили, что самая маленькая планета солнечной системы имеет три спутника.

Планета Плутон открыта в 1930 году, а в 1978 году у нее был найден спутник Харон. Диаметр Плутона 2270 км, диаметр Харона 1170 км. Но-

вые спутники, обнаруженные «Хабблом», имеют размеры 64 и 200 км. Они вращаются вокруг Плутона на расстоянии 44 тысячи км. и по блеску в 5 тысяч раз слабее его. По данным наблюдений Плутона, проведенных «Хабблом» в 2002-2003 годах, получена карта его поверхности. Оказалось, что поверхность Плутона состоит из светлых и темных областей. Темные области – это каменные образования, а светлые области состоят из твердого метана и азота. При температуре на поверхности планеты в минус 230 градусов по Цельсию эти газы замерзают. В 2006 году к Плутону должен полететь космический корабль «Плутон-экспресс». Для достижения пункта назначения ему придется совершить путешествие продолжительностью в 12 лет. Итак, на сегодняшний день семейство планет и их спутников выглядит таким образом: Меркурий и Венера спутников не имеют, у Земли один естественный спутник – Луна, у Марса 2 спутника, у Юпитера – 63 спутника, Сатурн имеет 46 спутников, Уран – 27 спутников, Нептун – 13 спутников и Плутон – 3 спутника. Список, очевидно, не окончательный. Космические и наземные телескопы-гиганты, аппараты-роботы, посещающие планеты совершат еще немало новых открытий.

Уровень океана повышается быстрее чем когда-либо. В НАСА рассмотрен детализированный глобальный уровень морей, и подтверждено, что он повышается. Причем, скорость повышения уровня моря увеличивается! В течение последних 50 лет уровень моря повышался в среднем на 0.18 см в год, а в течение последних 12 лет – на 0.3 см в год. Часть этого повышения вызвана тепловым расширением воды, а часть – из-за увеличения скорости таяния полярных льдов.

Сколько звезд во Вселенной? На международной конференции Международного астрономического Союза в Сиднее австралийские астрономы заявили, что им удалось оценить общее число звезд во Вселенной с помощью современных телескопов. Австралийские астрономы использовали самые совершенные инструменты для того, чтобы измерить яркость всех галактик в одном из секторов Вселенной. Из этого был сделан усредненный вывод о количестве содержащихся в этом секторе звезд. Потом аналогичные вычисления были сделаны в отношении всей обозримой Вселенной.

Сама цифра, представленная на конференции, тоже вселенских масштабов: 70 секстильонов звезд, 70 с 22 нулями. Это больше, чем песчинок во всех пустынях и на всех пляжах планеты Земля, вместе взятых. Как известно, звезды находятся в галактиках. В каждой галактике количество звезд может достигать свыше 200 миллиардов. И это – только в обозримой Вселенной, там, куда могут заглянуть наши телескопы. Это расстояние составляет около 13 миллиардов световых лет. На самом деле размер Вселенной составляет, по меньшей мере, 156 миллиардов световых лет.

Такая оценка была сделана на основе данных, полученных космическим зондом, исследовавшим так называемый микроволновый фон, часто называемый отголоском или эхом «Большого Взрыва». Ввод в строй новых телескопов-гигантов таких, как «Магеллан» с диаметром зеркала в 22 метра, откроет новые горизонты наблюдаемой Вселенной.

ПЯТАЯ ГАМОВСКАЯ ЛЕТНЯЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА 2005 ГОДА

М. И. Рябов

После проведения в Одессе международных научных конференции, посвященных 90-летию (1994 год) и 95-летию (1999 год) со дня рождения выдающегося физика и астрофизика Г.А.Гамова, было принято решение о названии Одесских летних астрономических школ – Гамовскими.

Одесские летние астрономические школы ведут свое летоисчисление, начиная с 2000 года. Главной целью работы школы было инициирование научных исследований на границах астрономии и других наук и привлечение к участию в этих исследованиях молодежи. Тематика школы, стиль ее проведения должны были, по-возможности, соответствовать «гамовскому стилю» научных исследований, когда наиболее интересные научные идеи возникали на пересечении различных научных направлений. Г.А.Гамов был великолепным организатором решения ключевых проблем науки, собирая ведущих ученых и создавая при этом неформальную атмосферу общения и дискуссий.

Отсюда название школы: «Астрономия на стыке наук: астрофизика, космология и астробиология». С самого начала время работы летних астрономических школ подбиралось так, чтобы они предшествовали последующим Международным научным конференциям, проводимым в Одессе. В связи с этим в тематику школ различных лет добавлялись такие названия как «астрохимия» или учитывалась тематика отдельных секций школы. Возраст участников школы за все годы ее проведения был самый разнообразный – возможность сообщить о своих результатах научных исследований предоставлена каждому в рамках работы секции: «Актуальные проблемы современной астрофизики». Молодые участники школы сообщали о результатах своей работы, представляя стендовые доклады перед всеми участниками школы.

Рабочий язык школы английский, именно благодаря этому обстоятельству среди участников школы разных лет были представители не только из России и Украины, но и Польши, Югославии, Молдовы, Израиля, Болгарии, Румынии и др.

Пятая летняя Гамовская астрономическая школа: «Астрономия на стыке наук – астрофизика, космология, радиоастрономия, астробиология» проходила с 15 по 20 августа 2005 года на спортивно-оздоровительной базе «Черноморка» Одесского национального университета им.И.И.-Мечникова. В числе организаторов школы были: кафедра астрономии и астрономическая обсерватории Одесского национального университета, Украинская астрономическая ассоциация, Радиоастрономический институт НАН Украины, Международное астрономическое общество, Одесское астрономическое общество. Работа Гамовской Летней школы 2005 года посвящалась 140-летию со дня основания Одесского (Новороссийского императорского университета), 125-летию со дня рождения выдающегося ученого и организатора науки академика, профессора А.Я.Орло-

ва, Международному Году физики, объявленному в честь 100-летия открытий А.Эйнштейна. Председателем Научного Оргкомитета был ректор Одесского Национального университета им.И.И.Мечникова, профессор В.А.Смынтына, его заместителями стали заведующий кафедрой астрономии профессор В.Г.Каретников, проф. Н.Г.Бочкарев (ГАИШ МГУ), старший научный сотрудник Одесской обсерватории РИ НАНУ М.И.Рябов. В составе оргкомитета также были проф.С.М.Андриевский (кафедра астрономии ОНУ), проф.В.С.Иваница (кафедра микробиологии ОНУ), академик НАНУ А.А.Коноваленко (Радиоастрономический ин-т НАНУ), Президент Украинской астрономической ассоциации, академик НАНУ Я.С.Яцкив (ГАО НАНУ). Ученым секретарем Научного оргкомитета была С.М.Меликянц.

Программа конференции традиционно состояла из серии лекций и докладов участников школы.

Особенностью программы школы 2005 года была работа секции «Радиоастрономия», в которой принимали участие представители всех организаций, участвующих в работе радиоинтерферометра «Уран».

Проведение этой секции имело особое значение, поскольку проходило в год 50-летия начала радиоастрономических исследований в Украине и 20-летия основания Харьковского Радиоастрономического института Национальной Академии наук Украины. Основателем украинской радиоастрономической школы был академик АН Украины С.Я.Брауде (1911-2003). Под его непосредственным руководством и были сооружены все элементы, составляющие систему «УРАН», максимальный размер которой составляет около 1000 км.

В состав интерферометра входит самый большой в мире радиотелескоп декаметрового диапазона «УТР-2», расположенный в Чугуеве вблизи Харькова, далее, по мере удаления от него, радиотелескоп «Уран-1» РИ НАНУ(г.Змиев), «Уран-2» Полтавской Гравиметрической обсерватории НАН Украины, радиотелескоп «Уран-3» Львовского физико-механического института НАНУ расположен вблизи Шацких озер Волынской области. Радиотелескоп «Уран-4» Одесской обсерватории РИ НАНУ, расположенный в селе Маяки Одесской области. Следует заметить, что это было первое совещание «урановцев» за последние 10 лет, предыдущее, между прочим, тоже было в Одессе.

Руководителем секции по радиоастрономии Гамовской школы был заведующий Одесской обсерваторией РИ НАНУ О.А.Литвиненко.

Вернемся теперь непосредственно к программе работы школы.

Работа радиоастрономической секции началась за день до открытия школы. С лекцией : «Солнечное спорадическое радиоизлучение в декаметровом диапазоне» выступил доктор физико-математических наук В.Н.Мельник (РИ НАНУ). Именно он стал первым обладателем «Паспорта одессита», который, начиная с 2005 года, вручается всем лекторам Гамовской школы. «Паспорт одессита» обеспечивает его обладателю свободное передвижение по городу, для чего в нем содержится карта города, паспорт действителен до 1 апреля 3001 года содержит девиз: « Жизнь дается человеку один раз и поэтому прожить ее лучше в Одессе!»

Открытие школы 16 августа началось с доклада проректора по науке ОНУ им.И.И.Мечникова профессора В.А.Иваницы: «140 лет со дня основания Одесского национального университета».

Следующий доклад: «125 лет со дня рождения академика АН Украины, профессора А.Я.Орлова – замечательного ученого, организатора и популяризатора» представил заведующий кафедрой астрономии ОНУ, профессор В.Г.Каретников. А.Я.Орлов был директором Одесской астрономической обсерватории и заведующим кафедрой астрономии Новороссийского университета в период с 1912 по 1934 годы.

Однако кипучая деятельность А.Я.Орлова не ограничивалась только стенами университета, ему нужны были масштабы всей планеты. Изучение движения полюсов Земли, гравиметрические исследования, исследования сейсмической активности – все эти направления развития науки сегодня особенно актуальны. Поражает «география его деятельности»: Санкт-Петербург, Москва, Одесса, Киев, Полтава, Тарту, Сорбонна, Геттинген, Томск, Иркутск, Дальний Восток, всего не перечислить. Жизнь А.Я.Орлова была насыщена множеством событий, можно сказать, что такой научной биографии хватило бы на нескольких ученых. Достаточно сказать, что были периоды, когда А.Я.Орлов руководил одновременно пятью обсерваториями.

Таким образом в программе работы школы появилась новая секция «геодинамика», которая, возможно, станет уже традиционной.

Открытие школы завершал доклад М.И.Рябова : «Гамовские дни в Одессе». Начиная с 1994 года, когда в Одесском университете отмечалось 90 лет со дня рождения Г.А.Гамова, его имя постоянно звучит на конференциях, семинарах, в средствах массовой информации. Практически ежегодно в Доме Ученых в день его рождения, 4 марта, астрономической секцией проводятся научные вечера. На стене главного здания университета установлена мемориальная доска, его именем назван один из скверов Одессы.

Серию лекций по геодинамике начал представитель Орловской научной школы, академик НАНУ Я.С.Яцкив докладом: «Современные теории вращения Земли». В последующем в этой же секции выступил с лекцией: «Физика нестабильностей вращения Земли» доктор физико-математических наук Н.С.Сидоренков из Росгидромета. Он является автором широко известной монографии: «Атмосферные процессы и вращение Земли». В секции геодинамики была представлена лекция заведующего Одесской обсерваторией РИ НАНУ О.А.Литвиненко : «Радиоастрономия на декаметровых волнах и ее точки соприкосновения с геофизикой».

Завершала работу секции «геодинамики и астробиологии» лекция старшего научного сотрудника РИ НАНУ М.И.Рябова: «Космическая погода и ее эффекты в атмосфере и биосфере».

По секции геодинамика и астробиология было представлено 4 доклада.

Секция астрофизики открывалась лекцией член-корреспондента РАН, профессора А.М.Черепашука «Этимология черных дыр».

На сегодняшний день известно 20 черных дыр звездных масс в двойных системах, 300 сверхмассивных черных дыр в центрах галактик, 3 черные дыры звездных масс были найдены методом микролинзирования. В лекции подводился итог современных представлений о природе и типах черных дыр во Вселенной.

По разделу «астрофизика» была представлена также лекция профессора А.А.Минакова (РИ НАНУ): «Особенности статистического анализа эффектов микролинзирования в восстановлении параметров квазаров и распределения масс в линзирующих галактиках». А.А.Минаков совместно с П.В.Блюхом является автором монографии «Гравитационные линзы» по сути одной из первых книг, посвященных эффекту гравитационного линзирования, создаваемого скоплениями галактик, отдельными галактиками и даже звездами. Лекция «Магниторотационная нестабильность в магниторотационных сверхновых» представлена С.Моисеенко (ИКИ РАН), который привел результаты модельных расчетов магниторотационных механизмов в нейтронных звездах, сверхновых и пульсарах. Всего в секции «астрофизика» было представлено 11 докладов.

Тема «радиоастрономия» началась с лекции академика НАНУ А.А.Коноваленко (РИ НАНУ): «Перспективы развития радиоастрономии на низких частотах». В ней рассказывалось о новых горизонтах развития низкочастотной радиоастрономии, которые открываются с вводом в строй системы LOFAR общей площадью в миллион квадратных метров. В этой же секции была представлена лекция Г.М.Рудницкого из отдела радиоастрономии ГАИШ МГУ: «Радиоспектроскопические исследования в Астрономическом институте им. Штернберга». Радиоспектроскопия является в настоящее время мощным методом исследования химического состава и динамики межзвездной среды.

Интересной была лекция профессора А.Д.Кузьмина из Пушинской радиоастрономической обсерватории АКЦ ФИАН «Гигантские импульсы радиоизлучения пульсаров». В связи с отсутствием докладчика лекцию представлял доктор физико-математических наук О.Ульянов (РИ НАНУ).

От всех научных коллективов, работающих на радиотелескопах системы «УРАН», представлялись доклады о результатах научных исследований. Всего было представлено по секции «радиоастрономия» 12 докладов.

В секции «космология» было представлено 7 докладов.

Для участников школы была организована экскурсия по городу, Одесскому национальному университету им.И.И.Мечникова, «гамовским местам» и завершала экскурсионный день морская прогулка. Уже традиционным стало выступление перед участниками школы виртуоза игры на гитаре, Лауреата Международных конкурсов Анатолия Шевченко. Во время работы школы стояла прекрасная погода. Море было теплым, а огромная Луна, особенно близкая в августовское полнолуние, освещала вечерние встречи на морском берегу. Так что сама природа была благосклонна к тем, кто пытается понять ее тайны, не причиняя ей никакого вреда.

Всего в конференции приняло участие около 50 человек из России, Украины, Молдовы, Австрии.

В заключение участники школы поблагодарили гостеприимную базу отдыха университета и местный оркомитет, членами которого были М.И.Рябов (председатель), С.Страхова, А.Пилипенко, А.Сухарев, Ф.Сироткин, Б.Мурников, Т.Кабанова, Д.Литвиненко, А.Рябова. Участники школы обратились к руководству университета с предложением увековечить память выдающегося ученого, академика АН Украины А.Я.Орлова установкой мемориальной доски на стене главного здания университета по ул.Дворянской, 2.

ТРЕТЬЯ ОДЕССКАЯ ОБЛАСТНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ

М. И. Рябов

Ставшая уже традиционной областная научно-методическая конференция преподавателей физики и астрономии : «СОВРЕМЕННАЯ АСТРОНОМИЯ В ШКОЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ» прошла в большом актовом зале Одесского национального университета им. И.И.Мечникова. Конференция посвящалась 140-летию университета.

Со вступительным словом о юбилее университета и приеме абитуриентов на физический факультет университета выступил декан физического факультета, профессор Г.Г.Чемересюк.

Два других важных события также были отражены в работе конференции. Это 125-летие со дня рождения выдающегося ученого и организатора науки, директора Одесской астрономической обсерватории и заведующего кафедрой астрономии университета (1912-1934) академика АН Украины, член-корреспондента АН СССР, профессора Александра Яковлевича Орлова. С докладом «А.Я.Орлов – директор Одесской астрономической обсерватории, основатель астрономических обсерваторий в Украине и научных исследований по геодинاميке» выступил заведующий кафедрой астрономии, директор астрономической обсерватории ОНУ, профессор В.Г.Каретников.

Организация Объединенных Наций объявила 2005 год «Годом физики» в ознаменование 100-летия великих открытий А.Эйнштейна. Доклад доцента кафедры теоретической физики В.П. Олейника «Революция в физике А.Эйнштейна» был посвящен главным этапам развития теории относительности.

Основным докладам по современным достижениям астрономии и космонавтики предшествовали информационные сообщения о возможностях поддержки астрономического образования в городе и области.

О работе Планетария Одесского национального университета им. И.И.Мечникова было сообщено в выступлении его руководителя доцента кафедры астрономии, Председателя Одесского астрономического общества М.И.Рябова. В числе приоритетных направлений работы университетского Планетария является проведение обзорных лекций по астрономии для учеников школ, лицеев, гимназий и колледжей. Проведение таких лекций помогает преподавателю астрономии в школе представить современный уровень достижений астрономии. Полезны такие лекции и для учащихся любых классов как дополнение к предметам по природоведению и географии.

По воскресеньям в Планетарии для всех желающих читаются лекции по наиболее интересным направлениям развития современной астрономии, по субботам работает астрономическая школа.

Каждую четвертую субботу месяца в Доме Ученых организуется заседание астрономической секции по теме: «Что происходит во Вселенной? Новости астрономии и космонавтики». В дни равноденствий и солнцестояний в Доме Ученых организуются астрономические вечера на которых выступают ведущие научные сотрудники и преподаватели кафедры астрономии.

Уже свыше 10 лет в эфире телевизионная программа «Прогноз космической погоды». В «Телевизионном Планетарии», приложении этой программы, сообщается о самых интересных астрономических и космических событиях.

О выходе обновленного «Методического пособия учителю астрономии» от имени коллектива авторов сообщила кандидат физико-математических наук В.Марсакова. Это методическое пособие может получить каждый учитель, который хочет совершенствовать преподавание своего предмета. Существует целый ряд других пособий и видеопрограмм на лазерных дисках, разработанных в Одесском национальном университете им. И.И.Мечникова, которые могут в ярком и доступном изложении самых сложных вопросов.

Профессор кафедры астрономии И.Л.Андронов рассказал о работе секции астрономии Малой Академии наук и проведении школьных астрономических конференций.

С лекции профессора И.Л.Андропова: «Магнитные поля во Вселенной» началась вторая часть конференции, посвященная современному представлению отдельных тем преподавания астрономии в школе.

Доцент кафедры астрономии и старший научный сотрудник РИ НАНУ М.И.Рябов рассказал о последних результатах исследования Солнца и Солнечной системы.

Обнаружению планет у других звезд посвятила свой доклад кандидат физико-математических наук Л.С.Кудашкина.

В конференции участвовало свыше 100 преподавателей школ города и области. Конференция приняла решение, выполнение которого должно способствовать формированию у школьников современных представлений об устройстве окружающего нас мира:

1. Конференция отмечает позитивную роль Одесского национального университета им. И.И.Мечникова, который на протяжении 140 лет своего существования внес большой вклад в развитие науки и образования в нашей стране.

2. Конференция отмечает безусловно положительным факт преподавания астрономии как отдельного предмета, но считает крайне важным чтение астрономии в школах в объеме не менее 34 часов.

3. Считать необходимым всемерное обеспечение поддержки преподавания астрономии в Одесском регионе, в связи с чем предлагается включить в учебные планы посещение Планетария Одесского национального университета им. И.И.Мечникова с прослушиванием обзорных лекций по астрономии.

4. Рассмотреть вопрос о восстановлении Одесского Планетария на базе Планетария Одесского национального университета им. И.И.Мечникова, расположенного на территории астрономической обсерватории ОНУ в парке им. Т.Г.Шевченко.

5. Поддержать проект создания Областного астрономического образовательного центра на базе Планетария Одесского национального университета им. И.И.Мечникова и летней астрономической школы для школ города и области на наблюдательной станции астрономической обсерватории ОНУ в с. Крыжановка.

6. Поддержать проведение «ДНЕЙ АСТРОНОМИИ» в школах города и области в «День Осеннего равноденствия» 23 сентября как продолжение «ДНЯ ЗНАНИЙ».

7. Считать необходимым дальнейшее проведение Областных научно-методических конференций «СОВРЕМЕННАЯ АСТРОНОМИЯ В ШКОЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ» для преподавателей физики и астрономии на базе Одесского национального университета им.И.И.Мечникова в весенний период.

АСТРОФЕСТ-2005

Л.С. Кудашкина, В.И. Марсакова, В.В. Михальчук

25-31 июля в Одессе прошел ежегодный съезд украинских любителей астрономии Астрофест-2005. В этот раз, кроме 64 украинских участников (любителей и профессионалов), также присутствовали 20 участников из России и 1 из Молдовы.

Астрофест был организован сотрудниками Астрономической обсерватории и кафедры астрономии Одесского национального университета им. И.И. Мечникова, а также Украинским товариществом любителей астрономии (УТАА) при активном участии одесских любителей астрономии.

Астрофест проходил на базе отдыха Одесского национального университета «Черноморка», расположенной на южной окраине Одессы.

Основными задачами Астрофеста являлись:

– проведение встречи любителей астрономии разного уровня подготовки из различных городов Украины и СНГ для взаимного обмена опытом по методам и практике астрономических наблюдений, по любительскому телескопостроению и астрофотографии;

– организация выступлений астрономов-профессионалов с докладами перед любителями астрономии для повышения уровня теоретических знаний любителей и их ознакомления с новостями астрономии;



– популяризация астрономии, включающая выступление любителей астрономии с докладами и проведение массовых наблюдений небесных светил в любительские телескопы.

Заседания, на которых выступали участники Астрофеста с увлекательными докладами, чередовались с интересными экскурсиями и отдыхом на комфортабельном пляже «Совиньон». Теплая, безоблачная погода, постепенно переходящая в жару, благоприятствовала отдыху на пляже и наблюдениям в любительские телескопы, которые проводились каждую ночь на территории базы отдыха.

Несмотря на большое расстояние от центра города и изнуряющий зной, участники, тем не менее, нашли в себе силы погулять по Одессе, съездить на морскую прогулку, познакомиться с астрономической обсерваторией ОНУ и совершить экскурсию на наблюдательную станцию Маяки, где они ознакомились с работой оптической мастерской.

Ну а в двух шагах их ожидало ласковое Черное море, к которому все участники стремились с особым пристрастием каждую свободную минуту.

Надо сказать, что свободных минут оставалось не так уж много, так как научная программа оказалась довольно насыщенной. Многие астрономы-профессионалы Одессы, Киева, и даже Санкт-Петербурга откликнулись на наш призыв и представили свои красочные презентации и интересные лекции, в которых постарались убедить любителей в необходимости и важности их наблюдений для науки. Количество этих лекций было так велико, что, к сожалению, приходилось ограничивать докладчиков во времени, чтобы все успеть. Особенно хотелось бы отметить красочные рассказы профессора Леонтия Ивановича Мирошниченко (Санкт-Петербург) о солнечно-земных возмущениях и космических лучах; увлекательную и познавательную лекцию Всеволода Григорьевича Лоцицкого (Киев) о том, что происходит с нашим Солнцем; профессора Чурюмова (Киев) о миссиях «Дип Импект» и «Кассини»; одесских астрономов: профессора Андриевского о звездной эволюции, М.И. Рябова о современных радиоастрономических исследованиях, Ю.М. Горбанева о телевизионных наблюдениях метеоров, А.А. Базея об околоземном космическом пространстве и других лекторов.

Что касается докладов астрономов-любителей, то, к сожалению, многие любители постеснялись привести отчеты о своих наблюдениях и рассказать о них. Семь из восьми представленных любительских докладов сделали одесситы, и лишь один – наши гости из Астрономического объединения «Альбирео» (Воронеж). Все докладчики-любители были награждены дипломами (три – Александр Давыдов, Анна



Токарева и Марина Рязских, Александр Ангельский – за лучший доклад, а остальные – Михаил Каршков, Валерий Цехмейстренко, Евгений Бритавский, Николай Бритавский и Виталий Бреус – за активное участие в работе Астрофеста). Недаром Астрофест проводится, прежде всего, для того, чтобы любители могли похвастаться своими достижениями, а заодно, послушать и профессионалов. В связи с этим, живую дискуссию вызвало выступление Александра Баранского (Киев) о взаимодействии любительских и профессиональных исследований. К любителям были обращены выступления профессионалов, посвященные методике проведения любительских наблюдений и обработке их результатов: лекция Владиславы Марсаковой (Одесса) о наблюдениях переменных звезд; доклад Владимира Михальчука (Одесса) об астрономических явлениях предстоящего 2006 года и его лекция о методах определения координат деталей альбедо, наблюдаемых на поверхности планет.

На Астрофесте было принято решение активизировать работу Интернет-сайта УТАА, чтобы своевременно оповещать любителей о предстоящих астрономических событиях, а также предоставлять им инструкции, как по проведению наблюдений, так и по оформлению их результатов для последующей обработки профессионалами.

Представители любительского коллектива «Астродес» представили на конкурс свои самодельные телескопы, которые позволили нам каждый вечер любоваться заходящим Юпитером, звездами, звездными скоплениями и туманностями, а днем наблюдать пятна на Солнце, как это видно



уже на первых фотографиях, сделанных цифровыми камерами. Остальные отдыхающие «Черноморки» проявили живой интерес к тому, что видно в телескопы, особенно юное поколение, и эти показы тут же сопровождались лекциями-экспромтами под открытым небом, чтобы остальным, стоящим в очередь к телескопу, не было скучно. Самые стойкие дожидались восхода Луны, за которой следовал Марс, и продолжали любоваться сокровищами звездного неба до глубокой ночи. А в конкурсе на лучший любительский телескоп победил опять-таки Александр Давыдов, второе и третье место заняли – Александр Ангельский и Валерий Цехмейстренко. Кто знает, может быть, благодаря их телескопам, кто-нибудь из юного поколения отдыхающих в будущем пополнит ряды любителей астрономии или станет профессиональным астрономом?

Активное участие в Астрофесте приняли также астрономические кружки и молодежные объединения «Альбиро» (Воронеж), клуб «Урания» (Керчь), юношеская обсерватория Малой академии наук Крыма «Искатель» (Симферополь), астрономический кружок г. Луцка, Астрономическая школа г. Одесса. Многие из их членов представили свои фотографии астрономических явлений и природы. В конкурсе за лучшую фотографию были отмечены Дмитрий Чушкин, Игорь Виньяминов и Александр Логунов из Воронежа. Керчь и Симферополь представили замечательную выставку рисунков – космических фантазий. А Иван Дубенский из Луцка со своими учениками представили свои прекрасные стихи на космическую тематику, также как и Анна Токарева из Воронежа. Разнообразила наши лекции своими стихами и Людмила Марченко из Днепрпетровского планетария.

Завершился астрономический фестиваль душевной застольной беседой и песнями под гитару – про Вселенную и не только про нее...

Представители научного и местного организационного комитета все это время работали очень дружно, сообща исправляя свои ошибки и радуясь удачам. Хочется надеяться, что все, кто собрался этим летом в Одессе на Астрофесте-2005, отныне останутся друзьями, а воспоминания о безоблачных астрономических ночах «Черноморки» всегда будут их устремлять к познанию новых тайн Вселенной.

В ГОСТЯХ У МУЗЫ УРАНИИ

Под покровительством Урании пребывает огромное количество небесных объектов – от гигантских скоплений галактик до мельчайших межзвездных пылинок. Конечно, и люди, посвятившие себя изучению этого хозяйства и те, кто воспевают его красоты, находятся под благословением музыки астрономии. «Ибо путь комет – поэтов путь» (М.Цветаева). Продолжаем подборку стихотворений поэтов, выдающихся и не очень известных. Между орбитами Марса и Юпитера совершают свой бег вокруг Солнца тысячи малых планет. Многим из них присвоены имена ученых, деятелей науки и искусства, героев и жертв войны. Помещаем здесь два стихотворения, посвященные Героям Советского Союза генералу Д.Карбышеву и партизанке Зое Космодемьянской, чьими именами названы две малые планеты.

Вильям Шекспир

(перевод С.Я.Маршака)

СОNET 14

Я не по звездам о судьбе гадаю,
И астрономия не скажет мне,
Какие звезды в небе к урожаю,
К чуме, пожару, голоду, войне.

Не знаю я, ненастье иль погоду
Сулит зимой и летом календарь,
И не могу судить по небосводу,
Какой счастливой будет государь.

Но вижу я в твоих глазах предвестье,
По неизменным звездам узнаю,
Что правда с красотой пребудут вместе,
Когда продлишь в потомках жизнь свою.

А если нет, – под гробовой плитой
Исчезнет правда вместе с красотой.

СОNET 7

Пылающую голову рассвет
Приподымает с ложа своего,
И все земное шлет ему привет,
Лучистое встречая божество.

Когда в расцвете сил, в полдневный час,
Светило смотрит с высоты крутой, -
С каким восторгом миллионы глаз
Следят за колесницей золотой.

Когда же солнце завершает круг
И катится устало на закат,
Глаза его поклонников и слуг
Уже в другую сторону глядят.

Оставь же сына, юность хороня.
Он встретит солнце завтрашнего дня!

Игорь Мартьянов

ИМЕНИ ГЕРОЯ

Маленькая дальняя планета
Именем бессмертным названа.
Имя героическое это
Понесла по космосу она.
Ей ходить орбитой век за веком,
Гордой и счастливой оттого,
Что сроднилась как бы с человеком,
С подвигом, прославившим его.
Может быть, из глубины вселенной

Довелось в тот день увидеть ей,
Как он шел на казнь,
Военнопленный,
Не предавший Родины своей.
Как перед барачною стеною
На морозе он, раздетый, дрог,
Как его водою ледяною
Обливали с головы до ног...
Издавались душегубы долго.
Замерзая, гордо умирал,
Верный чувству воинского долга
Коммунист,
Советский генерал.
...Карбышев –
Далекая планета,
Неприметна в космосе она.
Но зато родное имя это
Знает,
Помнит,
Любит вся страна!

Вера Кондратович-Сидорова

ЗВЕЗДА ЗОЯ

До далеких галактик, планет
и хвостатых комет
В окруженье античных богов
и античных героев
Вознеслось твое имя
на многое множество лет,
Героиня советская, русская девушка Зоя.
Знаю – «Зоя» планета моложе других
и светлей
Между звездных сестер,
полыхающих в космосе стылом,
Я запомню ее по струящимся
к нашей Земле
И России родной
непрерывным, тревожным посылам.
А когда меня жизнь
испытанием горьким хлестнет,
Одолеет бессилье
и остро душе занедужится,
Я с далекой Земли
дотянусь, дозовусь до нее,
И она мне вернет несгибаемость,
волю и мужество.
Отыщите ее, укажите мне
эту Звезду.

АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ПОЭЗИЯ

Ю.С.Ефимов

СОНЕТ

Еще недавно был я молодой
И презирал житейские тревоги.
Всегда старался быть самим собой,
К себе и к людям был не слишком строгий.

Прошли года. Количество потерь
Окупят ли ничтожные итоги?
В науку только приоткрыл я дверь
И, ослепленный, замер на пороге.

Едва ее соприкоснувшись тайн,
Возможно ли теперь остановиться?
Вокруг меня – Вселенной океан,

А я – его мельчайшая частица.
Из года в год я что-то изучаю,
Но счастлив ли – я до сих пор не знаю.

НОЧЬ

Зажигает небо витражи
Лампами невыслышимых созвездий,
Рассекая испаренья лжи
Тонкими лучами звездных лезвий.

Увлекает небо, как магнит
Увлекает компас бесполезный.
Что-то есть такое, что роднит
Человека с этой звездной бездной.

Можно нас на части разделить,
Можно расщепить на элементы,
Но, что б совершенство ощутить,
Лучше обойтись без инструментов.

И тогда падет каскад завес,
Распадутся давящие своды,
И сольется в витраже небес
Образ человека и природы.

МГНОВЕНЬЕ

Есть прозренья науки
И прозренья души.
Есть рабочие руки
И для жизни гроши.

По частям собирая
Неизвестный витраж,
Мы легко принимаем
За оазис – мираж.

Нет работе начала
И не видно конца.
Мы Великое в Малом
Ищем в поте лица.

Испытать озаренье,
Все преграды круша,
Можно лишь на мгновенье
И почти не дыша.

Так приходит познание,
И сквозь вещие сны
К нам слетает дыханье
Бесконечной весны.

СОНЕТ

Что для влюбленных может быть
На свете всех милей и краше?
Прибоя ль пенистая нить,
Иль круг небес со звездной чашей?

Иль, может быть, простор лугов,
Иль музыки напев манящий?
Или гармонии стихов
Порыв тревожный и блестящий?

Нет, в мире красота одна.
Она дана лишь человеку.
В его глазах отражена,

Всегда, везде влечет она
В ту высоту, куда от века
Была любовь устремлена!

Б.В.Комберг

Они наблюдали, пытаясь сравнить
С Природой свои предсказания –
Но обрывалась познания нить
В глубинах седых мироздания...

И может, когда-нибудь встретившись, мы
Предъявим пароль наш космический –
Координаты далекой звезды,
Погибшей смертью трагической.

И вновь разойдемся, чтоб снова уйти
В просторы Вселенной непознанной –
И будут Сверхновые нам на пути
Сверкать маяками грозными.

Май 1979 г., КраО

КВИНТЕССЭНЦИЯ

В туманных далях Мироздания,
Где ни галактик нет, ни звезд,
А лишь эфира колебания,
Однообразные до слез.

Где «ложный вакуум» нетленный
Кипит, энергию вобрав,
И страшной силой наделенный
Разносит Мир, покой поправ.

Где места нет законам нашим,
Да и вообще, где места нет.
Где сонм частиц еще «не крашен»,
Да и понятия нету – цвет.

Где все не так, и все не этак.
Где все рождается впервой:
Пространство, Время, Мира слепок
И суть «Инфляции» самой.

Где все, что было, все, что будет,
И все, чему нельзя не быть,
Мир потрясенный позабудет
В потугах тщетных не забыть...

А мы из необъятной дали
Пространственной и временной
Стараемся понять детали
Картины сущности иной,

Которая писалась кистью
Творца вначале всех начал...
И тщетно бьемся скудной мыслью,
Призвав на помощь интеграл.

Но не берутся интегралы,
Когда не сходятся ряды,
И тянем мы пустые тралы
В среде, свободной от среды.

И вновь, и вновь, замороженно,
Мы тралим бездну прошлых лет
И вглядываемся напряженно
В ее неверный, тусклый свет.

И ловим рябь в потоках квантов,
Несущих нам ответ немой,
От тех реликтовых Курантов,
Чей слышен еле-еле бой...

Сквозь шумовой хаос Вселенной
Пытаемся поймать мотив,
Гармонией не обделенной,
Законам верный, как Сизиф:

С его трудом неоцененным,
С его упорством чудака,
С его коленопреклоненной
Фигурой там, где облака...

1996 г.

ГИМН АСТРОНОМОВ

Мы одни только знаем, как много рождалось вселенных.
Мы одни только знаем, как звезды кончают свой путь.
Мы одни только знаем – и сила тех знаний нетленных
Может многие беды от нашей Земли отвернуть.

Ради этого мы – астрономы готовы трудиться,
Чтоб загадки Природы и суть Мироздания постичь.
Но для этого надо с душой астронома родиться
И призванье свое на мирские блага не сменить...

Мы под сенью зеркал и антенных полей остаемся
И ведем разговор со Вселенной один на один.
Может быть, сквозь помехи к далеким мирам мы пробьемся
И уловим сигналы неведомых нам «бригантин».

Ради этого мы – астрономы готовы трудиться,
Чтоб загадки Природы и суть Мироздания постичь.
Но для этого надо с душой астронома родиться
И призванье свое на мирские блага не сменить...

Космос нас окружает и манит загадкой извечной –
О рождении и смерти светил в ней заложен ответ.
Мы одно твердо знаем: ничто под Луною не вечно –
Даже Черные Дыры и те превращаются в свет...

Но из этого следует только одно – не сдаваться!
Продолжать свой нелегкий к познанию Космоса путь.
Чтобы мирного Космоса люди могли не бояться,
Астрономы обязаны в недра его заглянуть.

Ради этого мы – астрономы готовы трудиться,
Чтоб загадки Природы и суть Мироздания постичь.
Но для этого надо с душой астронома родиться
И призванье свое на мирские блага не сменить...

Март 2003 г.