

ИЗ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

Гамов в Америке: 1934–1968

(К 90-летию со дня рождения Г.А. Гамова)

А.Д. Чернин

За годы работы в США (1934–1968) Гамов построил теорию Большого Взрыва и дал идею расшифровки генетического кода. Это были его главные научные достижения тех лет. Он работал также над проблемами ядерных источников энергии звезд. С 1948 года участвовал в создании американской водородной бомбы. Написал более 20 книг — научных и научно-популярных.

PACS numbers: 01.60.+q

Содержание

Вашингтон, Округ Колумбия (867).
 Источники энергии звезд (868).
 У порога атомного века (869).
 Прогулки с Эйнштейном (870).
 Бомба (870).
 Большой Взрыв (871).
 Азбука жизни (875).
 Башня Гамова (876).

В апреле 1968 года у Гамова спросили, какие свои работы он сам считает особенно важными. Он назвал теорию альфа-распада, космологию горячей Вселенной, объяснение источников энергии Солнца и расшифровку генетического кода. К этому он добавил еще "формулы, использованные для расчетов водородной бомбы". Теория альфа-распада была создана Гамовым еще в России (см. статью В.Я. Френкеля в этом выпуске журнала), а все остальные научные достижения, о которых он говорит, приходится на "американскую" половину его жизни. Без малого три десятилетия, прожитые в США, вместили в себя множество важных и интересных занятий, трудов, событий, встреч; Гамов полностью реализовал в эти годы свою юношескую мечту — путешествовать по свету и заниматься физикой.

Автобиографическую книгу "Моя мировая линия" (о ней уже говорилось в статье В.Я. Френкеля) Гамов успел довести лишь до 1934 года — года отъезда из Европы. О дальнейшей своей жизни он пишет в этой книге очень кратко, всего на нескольких страницах. Это был как бы сжатый конспект или даже просто план того, о чем он еще

собирался подробно рассказать [1]. Этого уже не сделает за него никто. И можно только догадываться, какое это было бы захватывающее повествование. На нашу долю приходится сейчас скромная задача воспроизвести здесь — и тоже по необходимости очень кратко — то, что известно о жизни и работе Гамова в Америке по его статьям и книгам, по воспоминаниям друзей, коллег и учеников, по архивным источникам.

Вот что сказала Вера Рубин, ныне известнейший американский астроном, а в середине 50-х годов аспирантка Гамова в Университете Джорджа Вашингтона [2]: "Он не умел ни писать, ни считать. Он не сразу сказал бы вам, сколько будет 7×8 . Но его ум способен был понимать Вселенную".

Вашингтон, Округ Колумбия

В столичный Университет Джорджа Вашингтона, где Гамов профессорствовал более двадцати лет, с осени 1934 года до 1956 года, он попал в конечном счете по той прозаической причине, что теоретическая физика дешевле физики экспериментальной. Тогдашний президент этого университета Марвин хотел, чтобы в университете развивалась новейшая физика; но как объяснил ему авторитетный физик-экспериментатор Мерл Тьюв из Института Карнеги в Вашингтоне, оборудование хорошей физической лаборатории потребует уже на первых порах никак не меньше 100 тыс. долларов. И это только начало, за которым должны последовать куда более серьезные расходы, если подходить к делу основательно. А вот развивать физическую теорию можно с гораздо более скромными средствами: теоретику требуется карандаш, бумага, ну и еще, конечно, расходы на участие в конференциях, что неизбежно в любом случае.

Марвин спросил, кто мог бы поднять физику в Вашингтоне до мирового уровня. И Тьюв сказал: "Гамов" [3].

О Гамове и его работе по альфа-распаду было уже давно, с 1928 года, известно всем физикам в Старом и Новом Свете. Кроме того, у Тьюва была еще и дополни-

А.Д. Чернин. Обсерватория Туорла, Университет г. Турку, Финляндия, и Государственный астрономический институт им П.К. Штернберга (ГАИШ), МГУ, 119899, Москва, Воробьевы горы
 Тел. (095) 939-16-22; E-mail: chernin@neptun.sai.msu.ru

тельная информация. Первые попытки устроить Гамова в США предпринял Э. Лоуренс, изобретатель циклотрона; Тьюв же был другом, земляком (оба родом из Южной Дакоты), ровестником и коллегой Лоуренса. У себя в Отделе земного магнетизма Института Карнеги Тьюв тоже построил весьма мощный по тем временам ускоритель протонов. Лоуренсу не удалось организовать для Гамова достойное место в Беркли (Калифорния); а Тьюв, который несомненно был в курсе этих хлопот, не упустил шанс, возникший для Гамова в столице. По условиям, которые обсуждались при устройстве Гамова в Вашингтоне, Гамов должен был помогать Тьюву (бесплатно) в интерпретации его экспериментов по рассеянию протонов на протонах.

Два своих собственных условия поставил и Гамов. Во-первых, он должен иметь возможность проводить в Вашингтоне ежегодные конференции по теоретической физике с участием ведущих физиков мира — по примеру Копенгагенских конференций, устраивавшихся Бором. Во-вторых, он настоял на том, чтобы пригласить в Вашингтон по своему выбору еще одного теоретика, "чтобы было с кем поговорить о теорфизике".

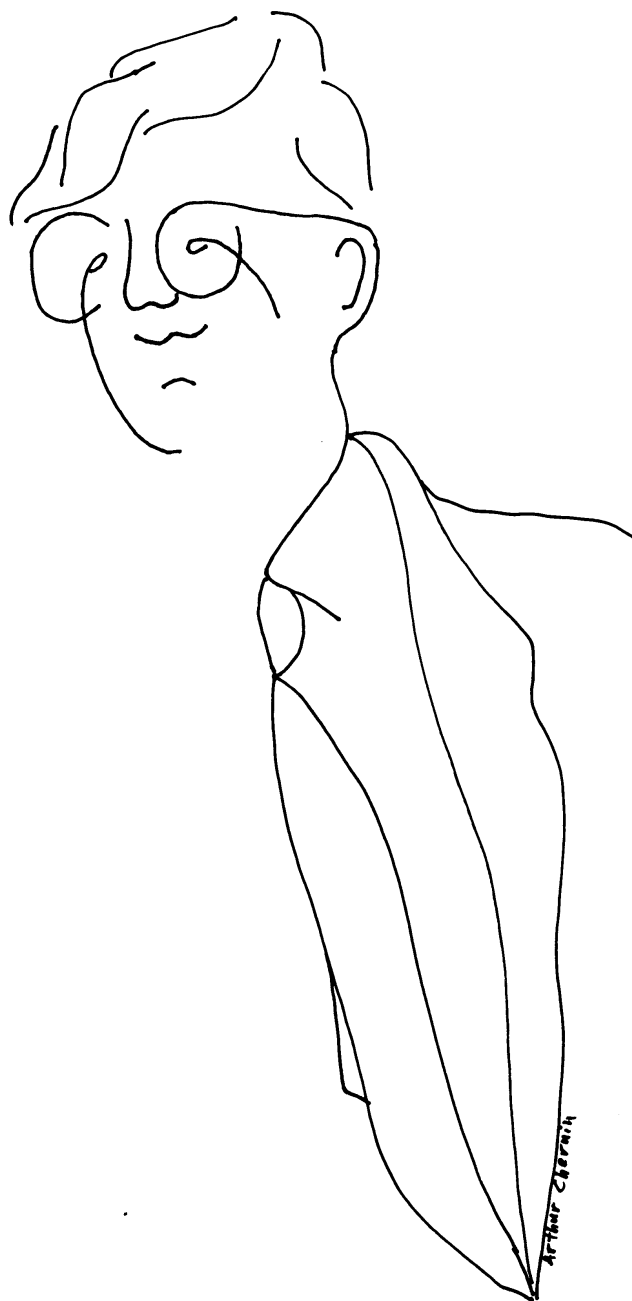
Первая Вашингтонская конференция состоялась в следующем после приезда Гамова 1935 году. До начала Второй мировой войны удалось провести пять конференций, в которых участвовали Бор, Ферми, Бете, Чандрасекар, Дельбрюк и другие.

Теоретиком, которого взял на свою кафедру Гамов (и притом тоже профессором с тем же, что и у него, окладом в 6 тыс. долларов в год) был Эдвард Теллер, тогда двадцатилетний лектор по химии на временной должности в Университете Лондона. Они познакомились у Бора в Копенгагене и однажды на пасхальные каникулы объездили пол-Дании на мотоцикле Гамова. Как пишут биографы Теллера [3], "их дискуссии о физике вообще и особенно о квантовой теории во время этого путешествия еще больше укрепили авторитет Гамова в глазах Теллера. Эта поездка определила в очень значительной степени всю его дальнейшую научную карьеру". О переезде Теллера к Гамову в Вашингтон те же биографы пишут в эпическом стиле: "Он ступил на тропу, которая вела к извлечению энергии атома для целей войны и мира". И на самом деле: Гамов увлек Теллера в ядерную физику из молекулярной химии, которой тот до того занимался.

Гамов был не первым крупным физиком, переехавшим в 30-е годы из Европы в США. За год до него в Америку приехал Эйнштейн. А за ними последовали вскоре и многие другие. Возможно, Гамов уже в 1933 году понял, что раз уж он уехал из России, то закрепиться в Старом Свете все равно надолго не удастся, и потому предпочел, как только представилась возможность, немедленно пересечь океан. Должность профессора в столичном университете, возможность приглашать на свои конференции Бора и других, постоянное сотрудничество с Теллером и Тьювом — это было достойное начало для его американской жизни.

Источники энергии звезд

Ядерную природу звездной энергетики разгадал, как известно, Эддингтон. В книге "Внутреннее строение звезд", первое издание которой вышло в Кембридже в 1926 году, он указал даже конкретную ядерную реакцию,



С фото начала 40-х годов

способную давать необходимое энерговыделение в недрах Солнца и других звезд, — это превращение водорода в гелий. К тому времени было известно, что масса ядра атома гелия-4 приблизительно на один процент меньше суммарной массы четырех ядер водорода протонов. (Эддингтон пользовался результатами экспериментов Астона, которые давали для этой разности величину 0,8%; позднее цифра была уточнена — 0,7%.) В каждом акте такого превращения выделяется энергия $E = mc^2$, где под m нужно понимать в данном случае именно эту разность масс, называемую масс-дефектом.

Но всем было ясно, что для протекания такой реакции необходимо очень тесное сближение протонов — на малые расстояния, при которых способны действовать ядерные силы. Простые оценки показывали, однако, что вероятность столь тесных сближений практически нич-

тожна: кулоновское отталкивание протонов почти полностью исключает их при температуре 10–20 миллионов градусов, характерной для звездных недр. Эддингтон пренебрегал этой трудностью; он говорил: "Не станем спорить с критиками, которые твердят, что звезды недостаточно горячи для этого процесса; давайте пошлем их поискать место погорячее". (Когда это знаменитое высказывание цитируют по-русски, то обычно считают необходимым пояснить — как это делал, например, Зельдович, — что под "местом погорячее" понимается ад.) От этой участи критиков Эддингтона спасла квантовая механика. Точнее, эффект туннельного проникновения частиц сквозь потенциальный барьер.

Гамов использовал этот эффект для объяснения природы альфа-распада; а его друг Хаутерманс (узнавший об этом в разговоре с Гамовым в Копенгагене) вместе с Аткинсоном применили туннелирование для расчета вероятности сближения протонов на очень малые расстояния в недрах Солнца и звезд. Их работа, опубликованная в 1929 году сняла, в принципе, трудность, которой — вполне произвольно, но абсолютно уверенно — пренебрегал Эддингтон; у него самого никаких аргументов на этот счет, кроме приведенного выше энергичного высказывания, не было и не могло быть до Гамова, до 1928 года. Впрочем, все благополучно разрешилось за каких-то три года.

Прошло еще около десяти лет, пока Гамов и Теллер (в 1938 году) смогли внести в этот вопрос дополнительную ясность. За эти годы в ядерной физике произошли такие события, как открытие позитрона, нейтрона, дейтона (или дейтерона, как сначала называли ядро дейтерия). Накопилось немало новых экспериментальных данных о сечениях ядерных реакций. В результате Гамов и Теллер увеличили ключевую цифру расчета Аткинсона и Хаутерманса... в тысячу раз. А еще через год Бете и Кричфилд (ученик Гамова) окончательно решили проблему, построив теорию протон-протонного цикла в звездах. При этом они использовали теорию бета-распада, предложенную незадолго до того Ферми и усовершенствованную Гамовым и Теллером.

Протон-протонный цикл — это цепочка пяти реакций (после 1951 года стало ясно, что к ним нужно добавить еще одну), в ходе которых возникают и используются на пути к образованию гелия-4 еще дейтерий, гелий-3, бериллий-7 и литий-7. Этот процесс и служит основным источником энергии Солнца и других, менее ярких, чем оно, звезд.

Что же касается более ярких звезд (таких, например, как Сириус), то в них энергия вырабатывается в результате более сложной и длинной цепочки превращений, в которых участвуют в качестве катализатора углерод и азот. Эти превращения, называемые углеродно-азотным циклом, были открыты Бете в 1938 году.

Бете сделал основные расчеты по этой работе в поезде на обратном пути с очередной Вашингтонской конференции, на которую Гамов, Теллер и Тьюв пригласили и физиков, и астрономов. Ее темой была природа энергии звезд. Как рассказывает Гамов [1], по приезде в Вашингтон Бете знал все о ядрах атомов и ничего о недрах звезд. На этой конференции и вскоре после нее Бете сделал и уже упомянутую работу с Кричфилдом по протон-протонному циклу. Кричфилд начинал свои расчеты за год до того по предложению Гамова, но натолкнулся на

трудности математического характера. Здесь Гамов не мог ему помочь: Гамов прекрасно умел обходиться без математики, но терпеть не мог сложные вычисления. Бете легко разрешил проблему, как только Гамов объяснил ему в чем дело.

Спустя почти тридцать лет, в 1967 году, Бете получил Нобелевскую премию по физике за работы о ядерных источниках энергии звезд. Эту премию мог бы, как полагают, разделить с ним и другой ядерщик, К.Ф. фон Вейцеккер, который открыл углеродно-азотный цикл одновременно с Бете и независимо от него; но ему не простили работу во время войны над немецкой атомной бомбой (которая, как известно, так и не была сделана).

Что же касается Гамова, то он шутил, что сыграл в истории с ядерными источниками энергии звезд роль катализатора: все устроил и с чем вошел, с тем и вышел, — как углерод у Бете.

У порога атомного века

Вашингтонская конференция 1939 года была, как условилось заранее Гамов, Теллер и Тьюв, запланирована для обсуждения физики низких температур. Эти планы пришлось, однако, оставить. Бор привез на конференцию из Европы научные новости исключительной важности. В конце 1938 года Ганн и Штрассман обнаружили среди продуктов распада урана, самого тяжелого из известных тогда элементов, изотопы бария. Распад происходил под действием бомбардировки урана нейтронами. Фриш и Лиза Мейтнер (которая доводилась ему родной тетушкой) дали этому экспериментальному открытию верную теоретическую интерпретацию; ключевое слово "деление" ("fission") было сказано (Фришем).

В январе 1939 года физики, собравшиеся в Вашингтон на гамовскую конференцию, неожиданно поняли, что в их науке, а возможно, и в истории человечества, наступает новая эра.

Вместо низких температур предметом обсуждений стал уран. В этих обсуждениях вместе с Бором, Гамовым и Теллером участвовал и Ферми, только что приехавший в США из Стокгольма с Нобелевской премией 1938 года по физике за экспериментальные исследования искусственной радиоактивности, вызываемой обстрелом ядер нейтронами. К концу конференции, 28 января, Тьюв устроил в своей лаборатории экспериментальную демонстрацию деления урана: теоретики смогли увидеть это явление, можно сказать, живьем и своими собственными глазами.

Дальнейшие события развивались с возрастающей быстротой. В том же 1939 году Бор и Уилер построили детальную количественную теорию распада урана под действием захвата нейтронов. В их работе использовалась формула для масс-дефекта ядер, предложенная Гамовым (в 1930 году) и усовершенствованная (в 1935 году) фон Вейцеккером. Вслед за Бором и Уилером оценку масс-дефекта и — главное — энерговыделения при распаде урана сделали в 1940 году Фриш и Пайерлс. Они показали, что на этом процессе может быть основана бомба фантастической разрушительной силы. Ранее Сциллард в США, а Харитон и Зельдович в СССР выдвинули идею цепной ядерной реакции. Вскоре открытые публикации по "урановой проблеме" прекратились. Стало ясно, что ядерное оружие — дело близкого будущего.

В знаменитом "Отчете Смита" о создании американской атомной бомбы, опубликованном осенью 1945 года, сразу после Хиросимы, дается систематическое описание научных и технологических работ, проведенных в США с большим размахом в 1940—1945 гг. [4]. В работах участвовали все ведущие физики, уже находившиеся или оказавшиеся в те годы в Америке — у Смита для удобства читателей имеется полный именной указатель. В этом списке нет только Гамова.

Хотя у Смита имя Эйнштейна встречается (с письма Эйнштейна президенту Рузвельту началось развертывание ядерной программы США, известной под названием "Манхэттенский проект"), но он в работе над бомбой тоже не участвовал. Эйнштейн и Гамов остались невосстановленными для самого грандиозного научно-технического мероприятия, которое знала до того история. Вернее, они не были допущены к этим работам по "соображениям безопасности". Что это были за соображения, никто не знает. Биографы Эйнштейна так до сих пор ничего конкретного не выяснили: хотя прошло столько времени, сведения такого рода остаются не доступными для историков науки в США. То же относится и к Гамову (у которого до сих пор в США не нашлось биографов).

Относительно Эйнштейна в литературе имеются по крайней мере гипотезы. Согласно одной из них, его держали подальше от научных работ над бомбой, чтобы затем он со своим огромным престижем не смог вмешаться в политический вопрос о ее использовании [5]. Кроме того, как личность он был уж слишком необычен для спецслужб — странный чудаковатый в жизни, плюс мировая слава, плюс возможность прямого общения с президентом страны. Да еще и репутация безбожника, а то и вовсе коммуниста. Позволим себе гипотезу и относительно нашего героя: он тоже считался чудаком с мировой славой крупнейшего физика. Да еще к тому же он был русским.

Оба они тем не менее стремились делать все что было в их силах ради победы над нацизмом. Это никогда не ставилось под сомнение никем. Судьба — рукой Военно-Морского Флота США — свела их во время войны для совместной деятельности по делам, правда, второстепенной важности.

Прогулки с Эйнштейном

Эйнштейн был приглашен для работы консультантом по военно-техническим вопросам, связанным с "обычными", не ядерными взрывчатыми веществами. Эти "вопросы" должен был доставлять для обсуждения в Принстон из Вашингтона Гамов. Они ранее уже были знакомы, и морское начальство в Вашингтоне решило, что они смогут вместе что-нибудь полезное сделать, если задавать им конкретные вопросы и давать на экспертизу (мелкие) проекты.

Встречаясь в Принстоне раз в две недели, Эйнштейн и Гамов до обеда занимались обычно "военно-морскими делами", а потом обедали, гуляли и говорили о науке. Во время одной из таких прогулок Гамов рассказал Эйнштейну об идее Иордана, как звезды могут рождаться из вакуума, при условии, что в их "начальном состоянии" они очень плотно сжаты. Если в таком состоянии их энергия покоя равна по модулю их гравитационной потенциальной энергии, то такой процесс не запрещен

законами сохранения. Гамов рассказывает [1], что, услышав это, Эйнштейн озадаченно остановился и, как видно, глубоко задумался. Они как раз переходили улицу с оживленным движением, и нескольким автомобилям пришлось затормозить и подождать, пока Эйнштейн снова тронется в путь. С тех пор, как мы знаем, теоретики, основываясь на общей теории относительности, научились рассуждать о рождении из ничего не то что звезд, а целых Вселенных.

Они обсуждали и космологические вопросы. Эйнштейну, вероятно, было интересно узнать, что за человек был Фридман, который опроверг Эйнштейна в его концепции статического мира и стал основателем космологии расширяющейся Вселенной. Гамов гордился, что был студентом Фридмана в 1922—1925 гг. в Ленинграде. Для своей модели статической Вселенной Эйнштейн изобрел в 1917 году так называемый космологический член. Позднее Эйнштейн считал это своим самым досадным промахом в науке; он так и сказал об этом Гамову на одной из их принстонских прогулок. По этому поводу Гамов замечал, что "ошибки" гения — это ошибки гения. И космологический член, раз изобретенный, уже нельзя вычеркнуть из науки.

Решение для расширяющегося мира, полученное Фридманом из уравнений Эйнштейна, учитывает и возможность космологического члена, который у Фридмана может быть положительным, отрицательным или нулевым. Похоже, что без космологического члена в современной космологии не получить правильного значения возраста мира в 15—20 млрд. лет. Более того, не исключено, что само расширение мира обязано своим происхождением космологическому члену. На другом языке эффект космологического члена описывается как присутствие в мире универсального вакуума, равномерно заполняющего все пространство. Это было замечено в 60-е годы Э. Глинером, а позднее дало начало популярной "инфляционной теории". На фоне "инфляции", т.е. экспоненциально быстрого расширения под действием антигравитации вакуума (положительный космологический член), рассматривают сейчас возможность множественного рождения новых Вселенных, или "бэби-вселенных", как их называет самый большой энтузиаст этих идей Стивен Хокинг.

Гамов замечал в домашнем кабинете Эйнштейна множество разбросанных тут и там листков с тензорными формулами. Эйнштейн продолжал упорно работать над единой теорией поля — так интерпретировал это наблюдение Гамов. Но ни один, ни другой ни разу не затрагивали этой темы в их разговорах.

А что они думали о двусмысленном положении, в котором оба оказались? Обсуждали ли они это на своих прогулках? Касались ли их беседы каких-либо проблем общего характера? Увы, этого мы не знаем и, похоже, уже никогда не сможем узнать.

Бомба

Летом 1948 года Гамов был извещен, что он может теперь быть допущен к работам государственной важности. Он включился в исследования, проводимые в Лос-Аламосской лаборатории по созданию американской водородной бомбы. Здесь ключевой фигурой был его старый приятель Теллер, который с самого начала участвовал как один из лидеров в ядерной программе

США. В уже цитировавшейся биографической книге [3] можно прочитать, что "Теллер высоко ценил Джорджа Гамова, своего коллегу по Университету Джорджа Вашингтона, который дал начало теоретическим работам в Соединенных Штатах, приведшим в конечном итоге к самому большому взрыву, осуществленному когда-либо по воле человека". Вот еще одна цитата из этой книги — прямая речь Теллера.

"Да, Гамов обладал плодотворным воображением. Он был исключительно милым парнем и, более того, это был единственный из моих друзей, кто серьезно считал меня математиком... Но, как ни жаль, нужно сказать, что девяносто процентов гамовских идей были ошибочны, и не стоило большого труда в этом убедиться. Но он не имел ничего против. Он был из тех, кто не склонен молиться на свои изобретения. Он мог предложить занятную идею, и если она не проходила, тут же обращал это в шутку. С ним было поразительно приятно работать вместе."

Вот, в сущности, и все, что мы можем сказать о работе Гамова над американской водородной бомбой. Что это были за десять процентов его идей, которые остаются за вычетом девяноста процентов? "Формулы, использованные для...", как мы уже цитировали его самого в начале статьи. Не станем гадать, какие такие формулы придумал он в Лос-Аламосе или привез из Вашингтона.

Прочитав лишь снова Теллера. В те лос-аламосские годы он называл теоретическую деятельность по термоядерным реакциям "гамовскими играми", а чемпионом "гамовских игр" считал Ганса Бете.

Сам же Гамов говорил (в своей обычной манере), что его главным вкладом в американскую водородную бомбу было то, что он перетащил Теллера в Америку.

Да, Гамов чуть ли не все на свете умел обращать в шутку. Но волей-неволей иной раз приходилось иметь дело и с вещами далеко не шуточными. Такова, например, история, в ходе которой "отец американской водородной бомбы" (Теллер) давал показания против "отца американской атомной бомбы" (Оппенгеймера) перед Комиссией по атомной энергии США, которая после этого отстранила Оппенгеймера от секретных работ. Гамов считал обвинения против Оппенгеймера вздорными. Хотелось бы знать, какие чувства вызывала в нем обстановка в США в те годы, когда тон там задавал известный ультраконсервативный сенатор, подозревавший в предательстве чуть ли не каждого университетского профессора, писателя или дипломата. Но этого мы не знаем.

Что точно известно, так это то, что, работая над самым сильным из всех осуществленных человеком взрывов, Гамов размышлял и о природе самого грандиозного естественного взрыва — расширения Вселенной.

Большой Взрыв

Гамов никогда не забывал космологию — науку своей юности. Он вернулся к активной работе в ней в 1946 году, за два года до Лос-Аламоса, и посвятил ей целое десятилетие. Он задался целью привести в эту науку ядерную физику. Опыт соединения астрономической науки с физикой ядра у него уже имелся — это работа по ядерным источникам энергии звезд. Там он шел по

стопам Эддингтона, Аткинсона и Хаутерманса, а зрелый плод этой деятельности достался в конце концов не ему, а Бете.

В космологии же у него не было "ядерных" предшественников, он начал первым и все довел до конца; а в итоге получил в награду все прекрасные плоды своей смелой и изящной идеи — вплоть до известия о наблюдательном открытии предсказанного им реликтового излучения. Так в соединении геометрии и динамики модели Фридмана с ядерной физикой (и термодинамикой) возникла космология наших дней — теория Большого Взрыва.

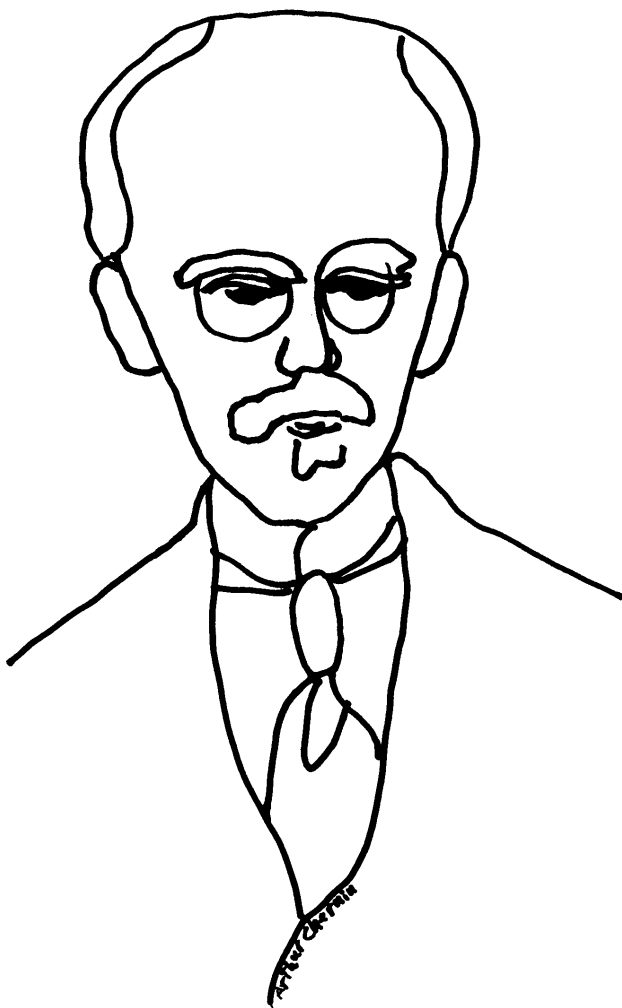
В этой статье, имеющей историко-научный и к тому же юбилейный характер, мы не стремимся дать скольконнибудь детальный очерк гамовской теории. На эту тему написаны уже десятки книг и тысячи статей. Обзоры по космологии регулярно публикуются и в данном журнале. Первый обзор, основанный на теории Фридмана, написал много лет назад М.П. Бронштейн, друг ленинградской молодости Гамова [6]. А первый обзор по теории Гамова написал для УФН Зельдович — сразу же после открытия реликтового излучения [7]. Стоит сказать, что этот обзор Зельдовича успел заметить Гамов и откликнулся на него теплым личным письмом физику, имя которого было ему знакомо еще по давним "ядерным" работам Харитона и Зельдовича. Не повторяя того, что можно узнать из этих обзоров, мы затронем всего только несколько вопросов гамовской космологии, рассматривая их в историческом плане.

1. Как известно, теорию Большого Взрыва часто называют еще и теорией горячей Вселенной. По Гамову, вначале был взрыв. Он произошел одновременно и повсюду во Вселенной, заполнив пространство горячим веществом, из которого через миллиарды лет образовались все наблюдаемые тела Вселенной — Солнце, звезды, галактики, планеты, в том числе Земля и все что на ней. Ключевым и новым словом в этой картине было слово "горячее", относящееся к веществу мира.

И тут нужно сразу же сделать замечание исторического порядка. Удивительно, но факт: сам Гамов считал, что идея горячего начала мира принадлежит не ему, а его учителю Фридману. В автобиографической книге [1] он пишет: "Согласно фридмановской исходной теории расширяющейся Вселенной, мир берет начало из "сингулярного состояния", в котором плотность и температура вещества были практически бесконечными".

Фридман опубликовал две статьи и одну научно-популярную книгу по космологии. Но в них нигде ни слова не говорится о температуре ранней Вселенной. Откуда это взял Гамов? Возможное (самое вероятное) объяснение состоит в том, что идея высокой температуры при высокой плотности считалась в окружении Фридмана естественной и даже тривиальной. В конце концов, недаром же "при расширении тела охлаждаются, а при сжатии нагреваются", как сказано в любом школьном учебнике физики. Выясняется, что это утверждение имеет в действительности более общий характер — вселенский, в буквальном смысле.

2. Основным побудительным мотивом гамовского обращения к космологии было стремление объяснить происхождение химических элементов, выяснить причину, обусловившую их относительную распространенность во Вселенной. Он впервые заговорил об этом еще в середине 30-х годов на одной своей приглашенной лекции



А.А. Фридман. С фото 1923 г.

в Университете Огайо. К счастью, лекция была там же опубликована в 1935 году, так что, можно сказать, предыстория гамовской космологии точно датирована и документирована: за десяток лет до начала активной работы ее цель уже была объявлена [8].

Химический состав вещества звезд и галактик обнаруживает удивительную универсальность — он очень мало меняется от одной "обычной" звезды к другой и практически везде такой, как у Солнца. Это почти на три четверти (по массе) водород, приблизительно двадцать три процента приходится на гелий и совсем мало — до двух процентов — на все остальные элементы. (В 40—50-е годы считалось, что водород и гелий присутствуют в примерно равных количествах.) Как сложился этот состав? Как возникло прежде всего универсальное соотношение двух главных, самых распространенных элементов Вселенной — водорода и гелия?

В поисках ответа на эти вопросы физики и астрономы обратились к процессам в недрах звезд, где, как уже точно было известно с начала 30-х годов, протекают реакции превращения атомных ядер. Однако выяснилось, что при типичных условиях, которые осуществляются в центральных областях Солнца и звезд, никакие элементы тяжелее гелия не могут образоваться в сколько-нибудь существенных количествах. Таково

было заключение, к которому к середине 40-х годов пришли Чандрасекар, Бете, фон Вейцзеккер.

А что если элементы были "сварены" не в звездах, а сразу во всей Вселенной на первых этапах космологического расширения? Универсальность химического состава при этом автоматически обеспечивается. Что же касается физических условий, то в ранней Вселенной ее вещество несомненно было очень плотным, во всяком случае плотнее, чем в недрах звезд. Высокая плотность, гарантируемая космологией Фридмана, — неперенное условие эффективного протекания ядерных реакций синтеза элементов. Для этих реакций необходима также и высокая температура вещества. Потому-то Гамов и выдвигает предположение о том, что вещество ранней Вселенной было не только очень плотным, но и очень горячим. В этом все дело: ранняя Вселенная была, по его идее, тем "котлом", в котором при известной плотности и гигантской температуре произошел синтез всех химических элементов.

3. Следует сказать, что трактовка ранней Вселенной в духе общих законов термодинамики и ядерной физики была тогда для большинства физиков и астрономов немалой неожиданностью. Искать в гипотетических уже самих по себе космологических теориях ответ на конкретные вопросы о реальном составе космического вещества — это представлялось дерзкой и рискованной затеей. Тем более, что космология в те годы, казалось, зашла в тупик, она давала слишком низкую оценку возраста мира, всего 2 миллиарда лет, тогда как возраст Солнца никак не меньше по крайней мере 4,5 или 5 миллиардов лет. Это было связано с ошибкой в тогдашних измерениях постоянной Хаббла; противоречие оказалось окончательно снятым лишь к концу 50-х годов. А в те годы, по свидетельству авторитетного современника, "повсюду считалось, что изучение ранней Вселенной — это не та задача, которой должен посвящать свое время уважающий себя ученый" [9].

Для физика и человека такого ранга, как Гамов, общие умонастроения значили, конечно, не слишком много. Кроме того, давняя убежденность в правильности теории Фридмана была, по-видимому, столь глубокой, что Гамов не придавал слишком большого значения противоречивым оценкам возраста мира. К этому вопросу он, нужно сказать, подошел конструктивно: изучил наблюдательные данные, по которым у астрономов определялась постоянная Хаббла, взвесил общие соображения о возрасте звезд и, сопоставив одно с другим, отдал предпочтение именно общим соображениям. Но из этого следовало не опровержение космологии; напротив, по возрасту звезд Гамов дал новую оценку постоянной Хаббла, более близкую к действительности, как позднее выяснилось. Эта его работа была опубликована в "Трудах Датской академии" в 1953 г., когда успех его космологического замысла уже отчетливо обозначился.

Вместе с Гамовым в работе участвовал сначала один человек, потом два, позже три. Это были его молодые ученики Ральф Альфер, Роберт Херман (оба из семей с российскими корнями) и Джон Фоллин. Молодые физики были увлечены подходом Гамова к эволюционной космологии как к достойной и благородной области деятельности — вопреки "научной моде" тех лет.

4. Гамов выделял в своей космологической теории прежде всего два аспекта: синтез элементов и космиче-

ское излучение. Они тесно связаны: синтез элементов возможен, как уже говорилось, лишь при высокой температуре; но в разогретом веществе, согласно общим законам термодинамики, всегда должно иметься и излучение, находящееся с ним в тепловом равновесии. После эпохи нуклеосинтеза, которая длится всего несколько минут, излучение никуда не исчезает, а продолжает сосуществовать с веществом и расширяться — как газ фотонов — вместе с ним в ходе общей эволюции Вселенной. Оно должно сохраниться и к настоящей эпохе, только его температура должна быть — из-за значительного расширения — гораздо ниже, чем вначале.

Такова качественная сторона дела. Количественное решение проблемы предполагает объяснение и предсказание конкретных цифр — космической распространенности ядер и современной температуры остаточного излучения. Грубо говоря, теоретик должен так "подогнать" в своей расчетной модели температуру к плотности, чтобы получился как раз наблюдаемый химический состав вещества. Если это удастся, тогда современная температура излучения вычисляется очень легко, ибо остывание излучения от эпохи нуклеосинтеза до нашей эпохи описывается простым и давно уже известным в физике правилом адиабатического охлаждения. В целом же теория потребовала трудоемких и весьма громоздких расчетов; надлежало проанализировать и просчитать сложную кинетику термоядерных превращений в нестационарном, расширяющемся веществе с учетом целого ряда обстоятельств и условий, каждое из которых могло быть, в принципе, существенным и решающим для искомого результата. Работа велась в течение почти десяти лет, притом Гамов пользовался консультациями таких экспертов, как Ферми и его сотрудник А. Туркевич (о последнем Гамов в одной из своих научно-популярных книг говорит как о физике русского происхождения — ему явно приятно это отметить).

5. Первая публикация, подготовленная Гамовым и Альфером, появилась в печати в 1948 году за тремя именами: Альфер, Бете, Гамов. Это была очередная проделка Гамова: как рассказывается в статье его учеников [10], Гамов с загадочным видом вписал имя Бете в уже готовый текст с пометкой "in absentia" (которая при дальнейшей обработке в редакции почему-то пропала). Так возникла ставшая знаменитой $\alpha\beta\gamma$ -теория.

Гамов с одобрением отмечал, что исходная фамилия Альфера (Ильферович) была своевременно, т.е. давным-давно, изменена должным образом, и советовал Херману (бывшему Герману) для пушей эвфонии переменить свою фамилию, например, на Дельтер (и однажды именно так сослался на него в одном из обзоров).

В серии статей группы Гамова первоначальная теория совершенствовалась и разрабатывалась от года к году с учетом, в частности, критических замечаний, высказывавшихся по ходу дела в ее адрес сначала японским физиком Хаяши, затем английскими астрофизиками Хойлом, Фаулером, М. Бербидж, Дж. Бербиджем. В дальнейшем процесс космологического нуклеосинтеза заново изучали в более строгой постановке, ставшей возможной благодаря уточнению данных ядерной физики, Зельдович и его сотрудник В.М. Якубов в 1964—1965 гг., одновременно с ними Хойл, а чуть позже — американский теоретик Дж. Пиблс. Вместе с тем шло уточнение наблюдательных астрономических данных о химическом составе вещества Вселенной.



С фото 50-х годов

В итоге этой большой многолетней коллективной деятельности, инициированной Гамовым, стало очевидным, что: 1) космическая распространенность двух главных элементов — водорода и гелия — действительно может быть объяснена ядерными реакциями в горячем веществе ранней Вселенной; 2) более тяжелые элементы должны, по-видимому, синтезироваться иным путем, например, при вспышках сверхновых звезд; 3) фоновое излучение должно иметь в нашу эпоху температуру, весьма близкую к абсолютному нулю, в пределах от 1 до 10 градусов Кельвина.

6. Наконец, в 1965 году стало известно об открытии предсказанного теорией Гамова фонового электромагнитного излучения, равномерно заполняющего все космическое пространство. Его температура оказалась равной 3 К. Это открытие было в известном смысле случайным — его авторы, американские радиоастрономы А. Пензиас и Р. Вилсон, ничего не слышали ранее о предсказаниях теории Гамова, и цель их работы никак не была связана с космологией. Значение их наблюдений для фундаментальной науки о Вселенной вскоре стало общепризнанным¹. Это было самое крупное наблюдательное открытие в космологии со времени обнаружения общего разбегания галактик (1929 г.). Оно коренным образом изменило статус этой науки, общее отношение к трудам Фридмана, к теории Гамова.

"Космология стала наукой уважаемой", — таково одно из характерных высказываний середины 60-х годов. "Кто бы мог подумать, что из такой пустой и абстрактной теории могут вытекать столь важные, и главное, проверяемые в наблюдениях астрономические следствия" — это слова одного из давних критиков фридмановской космологии. "Гамов, Альфер и Херман заслуживают колоссального уважения помимо всего прочего за то, что они захотели серьезно воспринять раннюю Вселенную и исследовать то, что должны сказать физические законы о первых трех минутах" — это из уже цитировавшейся книги Вайнберга (стр. 123).

¹ В 1968 году оно было отмечено Нобелевской премией. Подробнее о реликтовом излучении см. специальную статью в этом же номере.

В космологии начался настоящий расцвет. Интенсивная работа, в которой участвовали практически чуть ли не все ведущие космологи и астрофизики, а также и молодые, активно работающие теоретики и наблюдатели во всем мире, быстро привела к созданию надежной, полностью проверенной и подтвержденной астрономическими наблюдениями глубокой космологической концепции. В ней исходные идеи Гамова обрели полное воплощение и развитие, а его имя по праву заняло в космологии место рядом с именем его учителя Фридмана.

7. Космологические идеи Фридмана и Гамова выжили и победили в жесткой конкуренции с другими космологическими теориями. Успех теории расширяющейся горячей Вселенной отнюдь не был очевиден с самого начала. Ее, как уже упоминалось, постоянно сопровождала критика, в ней находили немало тех или иных промахов или ошибок, действительных или мнимых. Вначале ставилось под сомнение даже само существование ранней Вселенной. В середине 40-х годов Г. Бонди и Т. Голд, британские теоретики, к которым позднее присоединился и их широко известный и уже упоминавшийся выше коллега Хойл, выдвинули теорию стационарного состояния Вселенной. Она исходила из того, что Вселенная всегда должна быть неизменной в целом, почти такой, как мы ее сейчас наблюдаем. Галактики в ней разбегаются, как на то указывают наблюдения, но одновременно в этом процессе непрерывно рождается новое вещество, так что средняя плотность мира остается прежней и никак не меняется. В этой теории, возникшей как реакция на противоречия, касающиеся возраста мира в эволюционной космологии (см. выше), само это затруднение с самого начала снимается: стационарная Вселенная существует извечно, ее возраст бесконечен, как неограниченно и ее будущее. Гипотеза о рождении вещества, не подкрепленная фактически никакими физическими соображениями (кроме того аргумента, что это очень-очень слабый процесс, который нельзя заметить, а потому и запретить — в случае, если он не будет обнаружен — никакими лабораторными экспериментами), многим казалась предпочтительнее рассуждений Гамова о температуре и плотности в какие-то неведомые первые минуты космологического расширения. Теория стационарной Вселенной была для эволюционной космологии весьма грозным конкурентом до конца 50-х годов; но и потом, после устранения противоречий с возрастом мира, она не отпала, а продолжала существовать и бороться, демонстрируя временами немалую изобретательность и остроумие ее авторов. Однако после открытия реликтового космического излучения даже самые верные ее сторонники сложили оружие — но не без последнего боя.

8. В русле фридмановской космологии соперником "горячей" теории Гамова несколько лет была "холодная" теория Зельдовича. Ее исходный пункт — нулевая температура вещества в момент рождения Вселенной. Развивая эту теорию с характерным для него размахом, Зельдович выдвинул ряд глубоких соображений об общем характере эволюционного процесса во Вселенной, которые и до сих пор сохраняют свое значение.

Его сотрудники А.Г. Дорожкевич и И.Д. Новиков в 1964 году впервые детально рассмотрели вопрос о наблюдательном тесте, с помощью которого можно

было бы предпочесть "холодную" модель "горячей" или наоборот. Они совершенно правильно выбрали в качестве такого теста наблюдения фонового электромагнитного излучения, предсказываемого "горячей" теорией и отсутствовавшего в "холодной" теории. Они точно указали инструмент, пригодный для таких наблюдений, — это описанная в литературе еще в 1961 году рупорная антенна, с помощью которой и сделали позже свое открытие Пензиас и Вилсон. (К сожалению, в работе московских теоретиков не вполне точно трактовались уже проведенные на этой антенне наблюдения; считая, что эти наблюдения дали определенно отрицательный результат, авторы сделали на этом основании заключение в пользу "холодной" модели. Недоразумение потом было устранено.)

Зельдович немедленно отказался от "холодной" модели, как только узнал об открытии Пензиаса и Вилсона. Осенью 1965 года он писал автору этих строк: "Кажется, холодная модель была ошибкой. Американцы измерили радиотелескопом. Пока слухи, не в печати". В 1966 году он быстро написал обширный и глубокий обзор [7], читал лекции в ведущих научных учреждениях страны о теории горячей Вселенной. В его фундаментальных монографиях, написанных позднее с Новиковым, "холодная" модель упоминается лишь, как там сказано, "в порядке самокритики".

9. В истории исследований реликтового излучения есть и один грустный для нас эпизод. Реликтовый фон сам, можно сказать, стучался в двери Пулковской обсерватории. Работавшая там рупорная антенна (очень похожая на инструмент Пензиаса и Вилсона), построенная С.Э. Хайкиным, Н.Л. Кайдановским и Т.А. Шмаоновым, реально регистрировала его еще в 1956 году! На этот счет имеется публикация Шмаонова 1957 года [11]; но никто тогда не придал этому значения, никто, увы, не вспомнил об этом и позднее, в 1965 году. Много лет спустя статью Шмаонова "раскопал" один американский (!) историк науки.

10. Составной частью своей космологической концепции Гамов считал — помимо первичного нуклеосинтеза и реликтового излучения — также и космогонии галактик. Проблема образования галактик занимала Гамова еще с 1939 года; тогда он и Теллер сделали попытку развить для этих целей теорию гравитационной неустойчивости в расширяющемся горячем веществе Вселенной. Позднее, в 1946 г. эта задача была исчерпывающим образом решена (в линейном приближении) Е.М. Лифшицем. Дальнейшее развитие теории гравитационной неустойчивости — уже в нелинейном варианте — получила в работах Зельдовича и его сотрудников.

В начале 50-х годов Гамова заинтересовала еще одна космогоническая проблема, более частная: почему галактики вращаются? Он предположил, что их вращение связано с завихренным, турбулентным состоянием среды, из которой они образовались. И эта идея тоже получила развитие в космологии наших дней. Оказалось, что завихренность появляется на поздней, нелинейной стадии гравитационной неустойчивости, когда в космической среде возникают крупномасштабные сверхзвуковые течения, сопровождающиеся разрывами скорости и плотности вещества. Такие вихри способны, в принципе, обеспечить галактикам, образующимся из этого вещества, их быстрое вращение.

Замечательно, что одним из самых конструктивных аспектов изучения космогонического процесса во Вселенной является наблюдение реликтового излучения, ибо оно несет в себе информацию о ранней, догалактической истории мира. Первоначальные малые отклонения от общей однородности в распределении вещества, давшие начало развитию гравитационной неустойчивости, оставили свои следы в угловом распределении реликтового излучения. Поиски такого рода "отпечатков" на небе догалактической структуры мира привели к успеху в 1992 году: они были непосредственно обнаружены американскими исследователями с помощью аппаратуры специализированного исследовательского спутника СОВЕ, а также московской группой астрофизиков Института космических исследований РАН с помощью орбитального прибора "Реликт".

В заключение этого "космологического" параграфа упомянем о письме Эйнштейна Гамову, датированном августом 1948 года. Оно сохранилось и опубликовано в Гамовском мемориальном томе под редакцией Райнесса [12]. Эйнштейн благодарит за присылку рукописи первой статьи по теории горячей Вселенной, высказывает одобрение ее мотивов и исходных физических предпосылок. Он говорит, что не берется только — ввиду недостатка специальных знаний — судить о проблеме образования галактик. На опубликованной фотокопии письма хорошо различима пометка Гамова: "Конечно, старик соглашается теперь почти со всем на свете. Гео." Не вспомнил ли при этом Гамов, сколь резкой была первая реакция Эйнштейна за четверть века до того на эволюционную космологию, на статью Фридмана?

Азбука жизни

В 1931 году вышла работа Вернадского "Изучение жизни и новая физика"². Полтора десятилетия спустя появилась книга одного из основоположников квантовой механики Э. Шрёдингера "Что такое жизнь с точки зрения физики?"³. Фундаментальные проблемы жизни, рассматриваемой как сложный физический феномен, становились в ряд самых актуальных в естествознании, в науке вообще. Можно ли считать неожиданным или случайным обращение Гамова к этим проблемам? Вряд ли он мог остаться в стороне от области знания, где явно ощущалось приближение критического перелома, нового крупного прорыва. Гамов остро чувствовал, что решающие шаги будут вот-вот сделаны в генетике. И он занялся генетическим кодом.

Проблема молекулярного генетического кода, т.е. системы записи наследственной информации в макромолекулах органического живого вещества, была уже ясно определена в упомянутой книге Шрёдингера. Но ее решение стало возможным лишь позднее, когда было установлено, что генетическая информация записана, закодирована в молекулярных цепях нуклеиновых кислот. В 1953 году британский специалист по кристаллографии Ф. Крик и американский биохимик Дж. Уотсон выявили структуру дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) как систему двух комплементарных, т.е. взаимо-

дополнительных, спиралей, сложенных из нуклеотидов. Стало ясно, что генетический текст записан в виде выстроенных друг за другом линейных слов и предложений, алфавитом для которых служат четыре нуклеотида. Для ДНК эти четыре "буквы" суть аденин, гуанин, цитозин и тимин (в рибонуклеиновой кислоте (РНК) вместо тимина присутствует урацил).

Как только состав и генетическая функция ДНК были выявлены, Гамов быстро включился в работу и вскоре, уже в 1954 году, смог сформулировать — впервые в науке — конкретную и точную задачу расшифровки генетического кода.

Гамов исходил из следующих положений общего характера. В основе всего живого лежат белки. Они служат строительным материалом для живых тканей, образуют гормоны, ферменты и т.д. В организме человека более миллиона различных белков. Известно, что белки строятся из 20 аминокислот; индивидуальные свойства белка определяются тем, из каких аминокислот и в какой последовательности он образован. Синтез белков управляется нуклеиновыми кислотами, в которых хранится и посредством которых передается полный набор сведений о строении белков. Способ записи этой информации с помощью четырехбуквенного алфавита универсален, одинаков для всего живого на Земле — для животных, растений, бактерий и вирусов. Каждое "слово" в генетическом тексте — это название аминокислоты; каждое "предложение" определяет белок.

Если в алфавите жизни четыре буквы, то как из них строятся слова? Этот вопрос и был поставлен Гамовым в 1954 году.

Очевидно, что число слов должно быть не меньше 20. Если допустить, что каждое слово состоит из двух букв, то таких различных пар будет $4^2 = 16$. Это мало. Гамов сделал предположение, что в каждом слове должно быть, скорее всего, три буквы. Таких трехбуквенных слов в четырехбуквенном алфавите было бы $4^3 = 64$. Это уже не меньше, но, наоборот, заметно больше числа аминокислот.

Как быть? Может быть, считать, что слова не обязательно состоят каждое из трех букв? Или, возможно, среди 64 трехбуквенных слов есть синонимы? Гамов остановился на второй возможности как более простой: пусть будет 64 слова, но несколько из них означают одну и ту же аминокислоту.

Выяснить соответствие между 64 словами языка жизни и 20 аминокислотами должен эксперимент. Дальнейшие чисто комбинаторные соображения были бы слишком рискованными, это было бы нагромождением догадок на догадки. Но в эту заразительную азартную игру уже втянулись по примеру Гамова лучшие умы теоретической мысли Запада⁴. Свой вариант расшифровки языка жизни предложил Р. Фейнман, один из создателей квантовой электродинамики. Не остался в стороне от этой деятельности и Теллер. Да и сам Гамов не устоял перед искушением попытаться счастье и довести решение всей задачи до конца чисто теоретическими средствами. Его вариант был самым простым и изящным. Дадим здесь слово ему самому [13].

"Допустим, мы играем в "упрощенный покер", в котором на руках у каждого игрока только по три

² Известия АН СССР, VII серия, № 3, 1931 (примерно в то же время Вернадский высказался в пользу избрания Гамова в Академию Наук).

³ Русский перевод: М.: ИЛ, 1943.

⁴ Для генетики в СССР те годы все еще были далеко не самыми благоприятными.

карты, а вся колода состоит только из тузов четырех мастей. Сколько разных комбинаций карт может прийти к игроку? Прежде всего это могут быть четыре тройки тузов одной масти: три червы, три бубны, три трефы и три пики. Далее могут быть пары одинаковых карт в тройках; скажем, две червы и бубна, две бубны и трефа и т.п. Таких комбинаций может быть всего 12. Наконец, возможны варианты с тремя разными мастями; в этом случае имеется 4 разных комбинации. Итак, у нашего гипотетического игрока может случиться одна из 20 возможных троек карт, что в точности равно числу различных аминокислот, образующих длинные белковые молекулы". Так получается 20 "смыслов" из 64 слов, порядок букв в которых несуществен.

Новые эксперименты Ф. Крика, работы американских биохимиков М. Ниренберга, С. Очоа, Х. Корана и других вскоре показали, что идея Гамова об универсальном коде с трехбуквенными словами абсолютно верна. Это был триумф генетики и вместе с тем огромный личный успех Гамова. Он торжествовал победу, а радоваться удаче он умел, как рассказывают, очень хорошо.

Что же касается синонимов, то правила, по которому разные слова приобретают одинаковый смысл, никому а priori угадать не удалось, оно оказалось довольно прихотливым, совсем не таким, как в "упрощенном покере". Сейчас известно, что из 64 слов 61 кодирует аминокислоты; оставшиеся 3 слова кодируют окончание синтеза — это точки в конце предложений.

В интервью, о котором мы упоминали в самом начале статьи, Гамов говорит, что, может быть, генетический код — самая сильная его работа. Он вспоминает также, что биологи отнеслись к его работе поначалу отрицательно, ему даже не удалось опубликовать в США первую свою заметку на эту тему, пришлось посылать ее в Данию, в "Труды Датской академии", членом которой он был. Приятно заметить, что одна из работ Гамова по коду была опубликована (не по недосмотру ли?) в СССР [14]. Это была его первая публикация на родине с 1933 года.

Башня Гамова

Весной 1968 года в своем доме в Баулдере, штат Колорадо (этот дом он сам и все остальные называли на русский манер гамовской дачей), Гамов отвечал на вопросы историка науки Вайнера; разговор продолжался долго, несколько часов в один день и на следующий день они опять говорили и говорили. Гамов был уже серьезно болен, перенес за шесть месяцев несколько тяжелых операций на сосудах, в больнице заразился и переболел гепатитом; однако, как отмечает Вайнер, был бодр, весел, остроумен (это легко видеть по тексту распечатки с магнитофонной ленты, хранящемуся в Американском институте физики в Нью-Йорке), даже пел, воспроизводя фрагменты оперы, сочиненной и исполненной некогда им и его друзьями в честь Бора.

В этом интервью — оно оказалось последним в его жизни — Гамов назвал те свои работы, которые он сам считал наиболее значительными. С их перечисления мы и начали эту статью, а затем, следуя этому списку, рассказали о тех из них, которые приходится на американский период его жизни. Наше изложение, очевидно, не было равномерным и однородным: практически ничего,

по существу, о работах по водородной бомбе — рассказ шел, что называется, вокруг до около (мы просто слишком мало знаем об этом); подробнее всего о Большом Взрыве — это, как многие считают, самый крупный вклад Гамова в науку XX века (и мы могли бы рассказать об этом куда больше того, что позволяют рамки этой статьи).

К сожалению, другие важные научные результаты Гамова и вовсе остались за пределами нашего изложения (как и его списка). Чтобы хоть как-то восполнить этот пробел, просто назовем по крайней мере три из них:

1. Резонанс Гамова–Теллера; этому эффекту физики ядра, открытому теоретически в 1936 году, дали уже в наши дни новую жизнь работы Бете и многих других.

2. УРКА-процесс (1941 г.), важный и для ядерной физики, и для ее применения в астрофизике, например, для объяснения механизма вспышек сверхновых; идея навстречу пожеланиям солидных коллег, Гамов придумал задним числом такую расшифровку этого названия: unrecordable cooling agent (имеются в виду нейтрино).

3. Ключевые закономерности эволюционных треков звезд на диаграмме спектр — светимость (1938–1957 гг.).

Три достижения высшего ранга — альфа-распад, Большой Взрыв, генетический код. Три достижения следующего порядка, которые мы только что назвали. Такое "разложение по триплетам" можно было бы, вероятно, продолжить. Гамов однажды и сам воспользовался трехчленной формулой применительно, правда, не к научным результатам, а к своим доходам. Он сказал, что у его денег (как у одной почтенной науки) — три источника и три составных части. Это преподавание, научные консультации и научно-популярные книги и статьи.

Последнее, кстати, принесло ему больше всего и денег и славы. Его книги — он написал их более 20! — и особенно сериал про приключения Мистера Томпкинса, выходили десятками изданий на всех европейских и многих неевропейских языках. Кроме русского, увы. В 1994 году "Томпкинс" появился наконец и на родном языке его автора — он выпущен в серии "Библиотечка "Квант". Популяризаторская деятельность Гамова была отмечена в 1956 году весьма щедрой и почетной премией ЮНЕСКО. Это позволило Гамову совершить путешествие в Индию и Японию, о чем он давно мечтал.

Об этой третьей составной части его деятельности тоже можно было бы многое рассказать; ограничимся, однако, лишь одним замечанием. Его популярные статьи и книги читали не только любознательные "пешеходы". Сахаров в Арзамасе читал Гамова в "Scientific American"; гамовская популярная статья 1956 года о генетическом коде надела его на размышления о генетических последствиях ядерных испытаний, и с этого началась общественная деятельность академика [15].

Теоретик может быть и выше, и ниже своих работ (так говорил Л.Э. Гуревич). Гамов был, скорее всего, равен своим работам. Он многое успел, в чем-то слегка поленился, где-то повезло, что-то "зевнул" (как идею зарядовой независимости ядерных сил: она вытекала из хорошо ему известных экспериментов 1935 года на ускорителе Тьюва в Институте Карнеги, где Гамов был бесплатным консультантом). Той весной у себя на даче он сказал Вайнеру, что написал уже, кажется, обо всем, что только знал; остается, разве что, сочинить поваренную книгу, добавил он.



На съезде физиков в Польше. Дни Кракова, июнь 1938 г. В первом ряду слева направо: Г.А. Гамов (2-й) и Л. Розенфельд (4-й). Во втором ряду, 2-й и 3-я слева — супруги Н. и М. Бор. В третьем ряду 2-й слева — Ч. Дарвин (мл.). Эта конференция более всего запомнилась Гамову разговором с Ч. Дарвином (внуком Чарлза Дарвина), с "подачи" которого началась исключительно успешная писательская деятельность Гамова как популяризатора науки. (Фотография предоставлена В.Я. Френкелем)

Его труды, его характер физика и человека запечатлелись в его статьях и книгах. Вместе с тем возникла — очень давно, с конца 20-х годов, с напечатанных в "Правде" куплетов о нем Демьяна Бедного — еще и легенда о Гамове. На отечественной почве она развивалась и эволюционировала, изменяясь соответственно по мере того, как "меняется годов суровость". Она живет своей отдельной жизнью и на Западе — по законам тамошней мифологии. Она не сложилась еще в целостный свод и существует в виде разностильных былей и небылиц, а также отдельных кратких высказываний. Приведем небольшой набор таких высказываний, почти не упорядоченный:

— Один из известной троицы: Хам–Хамов–Хамелеон.

— Он ушел на Запад, так как полностью себя исчерпал, и там уже ничего существенного не смог создать. Ударился в вещизм.

— Он ведь был не очень хороший человек. Уехал, бросил слепого отца⁵. Подвел Абрама Федоровича (Иоффе), который за него поручился. После этого физиков перестали пускать за границу.

⁵ Отец Гамова, Антон Михайлович, не был слепым, хотя с годами его зрение заметно ослабло; он получал в Одессе от сына "много продуктовых и вещевых посылок", как специально выяснил недавно историк Лисневский [16]. В последние годы жизни очень боялся, что "за ним придут"; он умер (покончив с собой) в 1938 году.

— Несчастный алкоголик, он умер в одиночестве, вдали от родины, без друзей и учеников.

— Помог советской разведке получить важнейшие сведения об американской атомной бомбе. (Это из только что вышедшей в США книги генерала КГБ, который зачислил в ряды бойцов невидимого фронта вместе с Гамовым еще и Бора, Ферми, Оппенгеймера, Сцилларда; побоялся тронуть только Теллера и Бете из первых лиц Лос-Аламоса — они живы-здоровы и, ясное дело, в случае чего спустили бы с генерала и его издателей три шкуры.)

— Он любил жизнь, любил азарт теоретического поиска, был неистощим на выдумку в науке, в шутках и проказах.

— Патриарх современной астрофизической теории.

— Человек безграничной энергии и юмора, украшавший любую компанию своим весельем, неиссякаемым запасом анекдотов и пронизательнейшими вопросами и загадками по физике.

— Физика была для него удовольствие. Он обожал физику до такой степени, которая доступна лишь немногим, и, более того, умел сообщать это чувство наслаждения и воодушевления своими книгами и лекциями, адресованными как ученым, так и всем интересующимся наукой.

— Ум Гамова вольно простирался над обширными областями физики и биологии.

— Все его статьи в *Phys. Rev.* печатались в номерах за 1 апреля. (Сильное преувеличение — таких только 11 случаев.)

— Блондин под метр девяносто. (Точная цифра — шесть футов четыре дюйма.)

— Любитель дружеских застолий. (Пример: бутылка виски соло за вечер у Ловелла в Джодрелл Бэнк.)

— Экстравагантный русский экстраверт.

— Не столь основательны, сколь блистательны. (На эту старинную русскую формулу ложатся один к одному многие иноязычные высказывания о его талантах.)

— Хорошие теоретики видят аналогии между идеями. Лучшие — аналогии между аналогиями. Как он.

— Не от мира сего.

Последнее — название статьи о встречах с Гамовым, написанной человеком, который знал его 40 лет, нобелевским лауреатом Максом Дельбрюком [12, с. 280]. Этим и кончим о легенде.

Американская половина жизни Гамова делится на три периода: вашингтонский, лос-аламосский и колорадский (название второго из них имеет не столько географическое, сколько функциональное содержание.) В середине 50-х годов в его личной жизни произошли изменения (развод с Любовью Вохминцевой, брак с Барбарой Перкинс), повлекшие за собой нередкую в таких случаях охоту к перемене мест. В результате в 1956 году Гамов переехал в Баулдер. Он оставался профессором Университета Колорадо до своей смерти 20 августа 1968 года. Лет ему было всего 64 года.

Он построил себе в Колорадо домик на свой вкус, гамовскую дачу. А Университет построил на своей территории высокое здание, которое называется Башней Гамова. В Университете Колорадо работает сын Гамова, Рустем-Игорь Гамов, родившийся в 1935 году в Вашингтоне. Он известный профессор-биофизик и мастер альпинизма. По всем правилам биофизической науки он изобрел спальный мешок; говорят, в нем хорошо спится на любом леднике. Он называется "мешок Гамова".

GAMOW IN AMERICA: 1934–1968 (on the occasion of the 90th anniversary of his birth)

A D Chernin

Tuorla Observatory, University of Turku, Finland, P K Sternberg Astronomical Institute, Moscow University,

Vorob'evy Gory, 119899, Moscow, Russia

Tel. (7-095) 939-1622

E-mail: chernin@neptun.sai.msu.su

In 1934–1968, when he worked in the USA, Gamow created the Big Bang theory and disclosed the structure of the genetic code. He also studied nuclear sources of stellar energy. In 1948 onwards, he participated in the construction of the American H-bomb. He wrote more than 20 books on science and popular science.

Bibliography — 16 references

Благодарности

Автор благодарен проф. С. Вирту за возможность работы с гамовскими материалами (тексты, магнитофонные записи), хранящимися в Центре истории физики Американского института физики в Нью-Йорке. За беседы и переписку, из которых я многое узнал о Гамове, приношу благодарность проф. Р. Альферу, проф. Р. Херману, проф. Б. Ловеллу, проф. А. Барглету, проф. Р.У. Линдбладу, которые работали с Гамовым или встречались с ним. Я признателен проф. М. Валтонену и проф. С. Миккола за гостеприимство на Обсерватории Туорла, где эта статья была написана.

Список литературы

1. Gamow G *My World Line. An informal autobiography* (New York: The Viking Press, 1970)
2. Rubin V In *Gamow Cosmology* (Eds. F Melhiorri and R. Ruffini) (Dordrecht: North-Holland, 1986)
3. Blumberg A, Panos L G *Edward Teller. Giat of the Golden Age of Physics* (New York: Charles Scribner's Sons, 1990)
4. Smith H D *Review of Modern Physics* **4** (1945)
5. Clark R W *Einstein. The Life and Times* (Introduction by Sir Bernard Lovell) (London: Hodder and Stoughton, 1982)
6. Бронштейн М П *УФН* **11** 124 (1931)
7. Зельдович Я Б *УФН* **86** 303 (1966)
8. Gamow G *Ohio Journal of Sci.* **35** (5) (1935)
9. Weinberg S *The First Three Minutes* (New York: Basic Books, 1977); перевод (М.: Атомиздат, 1980)
10. Alpher R, Herman R *Physics Today* (4) 28 (1988)
11. Шмаонов Т А *Приборы и техника эксперимента*, № 1, 86 (1957)
12. *Cosmology, Fusion and Other Matters: Gamow Memorial Volume* (Ed. F Reines) (London: Adam Hilger Ltd., 1972)
13. Gamow G *Matter, Earth and Sky* (New York: Prentice Hall, 1965)
14. Гамов Г *Вопросы биофизики* (М.: ИЛ, 1957) с. 203
15. Сахаров А Д *Знамя*, № 12 (1990)
16. Лисневский Ю И *Вопросы истории естествознания и техники* № 1 48; № 2 97 (1989)

Received 10 June 1994