

# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Ю.А.Косыгин

**В** результате изучения докембрийских толщ Земли получается пусть пока предположительный вывод, что общепризнанные сейчас значения возраста Земли и Вселенной сильно занижены, что геологические и космологические представления имеют недостаточно точек соприкосновения, а история Земли почти совершенно не рассматривается как летопись истории Вселенной.

Начнем с самой общей характеристики геологической ситуации. Строение и геологическое развитие континентальных и океанических блоков как крупнейших геологических структурных элементов Земли, а также платформенных и геосинклинальных областей обычно определяются на основе изучения наименее метаморфизованных (измененных) фанерозойских и отчасти верхнедокембрийских образований. Ниже них располагаются серии нередко сильно метаморфизованных пород, слагающие фундаменты древних платформ, относимые к раннему докембрию. В породах этих серий признаки первичной оболочки Земли сохранились далеко не повсеместно, так как метаморфизм в значительной степени стирал ее черты. Поэтому в раннем докембре привычные для фанерозоя крупные структурные формы и элементы не проявляются достаточно отчетливо.

Восстановление истории Земли в раннем докембре значительно затруднено по сравнению с более поздними этапами. На огромных пространствах дна океана породы раннего докембра недоступны непосредственному изучению (по некоторым представлениям, на большей части дна таких пород вообще нет, что связывается с раздвижением плит — спредингом — и образованием новой коры), а на континентах они доступны наблюдению лишь на щитах, срединных массивах и в отдельных выступах в складчатых системах. Вместе с тем интересы геологической науки требуют знания состава, строения и истории развития всей Земли в раннем докембре или, по крайней мере, ее внешней оболочки, так как только такие знания дадут возможность реконструировать ранние этапы существования Земли и, в конечном счете, понять ее происхождение.

Поскольку раннедокембрйские породы редко вы-



Юрий Александрович Косыгин,  
академик, директор Института  
тектоники и геофизики  
ДВНЦ АН СССР. Специалист  
в области тектоники и геологии  
нефти. В 1985 г. награжден золотой  
медалью им. А. П. Карпинского.  
Герой Социалистического Труда.  
Автор многочисленных научных  
работ, и в том числе монографий:  
*Основы тектоники*. М., 1974;  
*Тектоника*. М., 1969; 1983.

ходят на поверхность, а признаки их первичного строения стерты, однозначные представления об их структуре, истории и развитии почти невозможны. Отсюда широкое использование самых разнообразных научных гипотез, которые становятся необходимым инструментом исследования. Учитывая большие глубины Земли, в которых «скрывается истина», период гипотез, с их часто антагонистическими противоречиями, в изучении раннего докембрия будет еще очень длительным.

Следует иметь в виду, что радиометрический (или, как принято говорить, абсолютный) возраст — это не более чем возраст последней кристаллизации в породах. Стоит породе расплываться или претерпеть новый глубокий метаморфизм, как стирается ее подлинный возраст, при этом, возможно, выпадает огромный отрезок геологической истории и возобновляется новый отсчет времени. Поэтому к приводимым в литературе данным о радиометрическом возрасте надо относиться с учетом сделанных оговорок, даже если дело касается возраста Земли.

Здесь уместно напомнить о судьбе экстремальных значений возраста земных пород, заметно превышающих общепринятый возраст планеты. Эти определения по разным причинам считались некачественными или же объяснялись процессами, якобы влияющими на ход радиоактивного распада. Приведем некоторые данные таких определений.

Для слюдисто-сульфидного цемента конгломератов Украинского щита А. И. Тугаринов уран-свинцовым методом ( $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ) определил возраст в 6 млрд лет<sup>1</sup>. Такие же данные получили А. И. Тугаринов и К. В. Войткевич для мусковитизированных аркоз «второго горизонта» в Старооскольском районе Курской магнитной аномалии. Здесь определения возраста с использованием  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  и  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  полностью совпали<sup>2</sup>.

Для гиперстеновых кристаллических сланцев Южного Буга на Украинском щите уран-свинцовым методом ( $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ) получен возраст 5,65 млрд лет и торий-свинцовым методом ( $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ ) — 6 млрд лет. Для метаморфизованных диопсидовых пород Алданского массива калий-argonовым

методом получены цифры 5,3, 5,4 и 5,8 млрд лет. Для определения роли субъективных ошибок был проведен сравнительный анализ данных, полученных в различных лабораториях (И. Е. Старик, Р. В. Комлев и Э. К. Герлинг); для интервала 1,7—1,8 млрд лет расхождения составили всего 2 %.

На Кольском п-ове в Мончегорском массиве возраст относящихся к ксенолитам «седберитов», определенный Э. К. Герлингом калий-аргоновым методом, составил 7,96 млрд лет, а бластомилонитов — 10,85 млрд лет<sup>3</sup>. В упомянутой работе указывается, что по среднему содержанию в ксенолитах аргона и калия возраст изотопа  $^{40}\text{K}$  оценивается в 7 млрд лет, а по синтезу легких и тяжелых элементов — приблизительно в 10 млрд лет.

Отметим, что еще в 1962 г. Э. К. Герлинг писал: «Возраст некоторых основных пород Карелии и Кольского п-ова, определенный калий-аргоновым методом, датируется до 6,5 млрд лет... Горные породы Мончи по радиогеологическим данным являются гораздо более древними образованиями, чем это следовало из геологических представлений». И далее: «Исходя из этого, можно думать, что полученные нами значения  $6500 \cdot 10^6$  лет отражают действительный возраст исследованных образцов. Мы полагаем, что эти цифры относятся к ксенолитам подкорового вещества Земли»<sup>4</sup>.

Обратимся к новейшим данным, полученным на Кольской скважине. Здесь в ряде кернов калий-аргоновым методом был определен возраст горных пород, оказавшийся выше канонического возраста планеты. Так, возраст мраморов с глубины 5797 м оказался равен 5,29 млрд лет; хлоритовых диафторированных сланцев с глубины 5607 м — 5 млрд лет, а мраморов с глубины 5660 м — 13 млрд лет<sup>5</sup>.

Учитывая эти данные, вероятную неоднократную «перестановку» радиологиче-

<sup>1</sup> Герлинг Э. К., Масленников В. А. Древнейшие ультраосновные и основные породы Монче-Тундыры (Кольский полуостров) и новые данные об абсолютном возрасте подкорового вещества Земли // Абсолютный возраст докембрийских пород СССР. М., 1965. С. 11—34.

<sup>2</sup> Герлинг Э. К., Шуколюков Ю. А. и др. // Геохимия, 1962. № 11. С. 931—938.

<sup>3</sup> Герлинг Э. К., Кольцова Т. В., Дук Г. Г. Аномальные содержания радиогенных изотопов аргона и гелия в минералах пород Печенегского комплекса (Кольский полуостров) // Методические проблемы ядерной геологии. Л., 1982. С. 5—21.

<sup>1</sup> Каталог изотопных дат пород Украинского щита. Киев, 1978. С. 176—177.

<sup>2</sup> Тугаринов А. И., Войткевич Г. В. Докембрийская геохронология материков. М., 1970.

ских часов, а также тот факт, что представления, которыми пытались объяснить повышенное содержание аргона за счет его приноса извне (это касается калиево-аргоновых определений), встретили серьезные возражения и остаются на сугубо гипотетическом уровне, приходится признать вероятным, что возраст Земли значительно выше общепринятого. Кстати говоря, и для образцов метеоритов габброноритового состава калий-аргоновым методом получены значения 9,3 млрд лет<sup>6</sup>.

Если соображения о возрасте горных пород имеют сколько-нибудь веские основания, то возраст Земли может измеряться десятками миллиардов лет, что противоречит космологическим представлениям о возрасте Вселенной, составляющем 10—20 млрд лет. Если же принять во внимание эти цифры, то возраст Земли должен быть снова зажат в канонические рамки. Эти рамки (4,56 млрд лет), согласно построениям А. Тацумото и др., проведенные на метеоритной основе, определяются возрастом и содержанием существующих еще на Земле изотопов с периодом полураспада выше 0,7 млрд лет<sup>7</sup>. Обратившись к  $^{235}\text{U}$ , мы должны были бы расширить эти пределы и признать, что его возраст, и следовательно, возраст других тяжелых элементов, не может быть более 10,6 млрд лет. Однако эта цифра основана на априорных предпосылках, что все вещество Земли произошло из метеоритных источников и что все изотопы урана образовались одновременно. Она не должна восприниматься как достоверная, т. е. весь  $^{235}\text{U}$  может быть вторичным, образовавшимся в условиях Земли за счет  $^{238}\text{U}$ , либо при распаде природных трансуранных элементов, что, с другой стороны, легко приведет к увеличению возраста Земли до 60 млрд лет или более, с учетом периода полураспада  $^{238}\text{U}$ . Однако если возраст Земли измеряется десятками миллиардов лет, то возраст Вселенной должен быть значительно большим, чем принимается большинством астрономов.

В связи с этим возникает вопрос о том, насколько обоснованы господствующие представления о возрасте Вселенной.

На такую ревизию нам дает право основной постулат космологии, согласно которому законы физики, устанавливаемые на Земле или в околоземном (в достаточно широком смысле, отвечающем возможностям современных космических исследований) пространстве, могут быть экстраполированы на большие области и даже на всю Вселенную. А без этого постулата космология как наука невозможна. Иными словами, методика космологических построений весьма близка к историко-геологическим реконструкциям, основанным на методе актуализма (настоящее — ключ к прошедшему), без которого они также были бы невозможны. И нам ясно, что вся чуть ли не безграничная многозначность решений (гипотез о ранней истории Земли или же о первых стадиях раннего докембрия) касается в равной мере суждений о Вселенной. Мы мало знаем о Земле пяти миллиардной давности, а также о частях Вселенной, отстоящих от нас на расстояния, измеряемые миллиардами световых лет. В нашем распоряжении могут быть только гипотезы. Но гипотезы операются, у них как бы вырастают крылья для самостоятельного полета; они растут и крепнут, питаясь наиболее «вкусными» и «питательными» фактами, с удивительной ловкостью выбирая их из необозримого множества «несъедобных». Так было и с определениями предельного возраста атомных ядер, вытекающими только из предположений, но получившими чуть ли не права аксиом, в частности при решении вопроса о возрасте Земли<sup>8</sup>. Происходит нечто подобное тому, как созданный автором литературный герой начинает жить своей жизнью и увлекает автора по собственному пути, заставляя его забыть о прототипе.

Возраст мраморов, оцененный с помощью калий-аргонового метода в 13 млрд лет, и подобный возраст хлоритов, карбонатов, турмалинов и tremolитов из Кольской скважины, полученный уран-гелиевым методом, объявлен неверным как «нереальный ложный возраст вследствие локального избытка аргона»<sup>9</sup>. Поистине удивительно, что и аргон, и гелий поступают извне как раз в таких количествах, чтобы дать совпадающие значения возраста различных пород. В качестве одного из аргументов «ложности» приводится соображение, что возраст этих пород превышает возраст

<sup>6</sup> Герлинг Э. К., Овчинникова Г. В. К вопросу о постоянстве скорости радиоактивного распада // Геолого-радиологическая интерпретация несходящихся значений возрастов. М., 1973. С. 21.

<sup>7</sup> Tatsumoto M., Unruh D. M., Desborough G. A. // Geochim. et cosmochim. acta. 1976. Vol. 40. № 6. P. 617—634.

<sup>8</sup> Чердынцев В. В. Распространенность химических элементов. М., 1956.

<sup>9</sup> Кольская сверхглубокая. М., 1984. С. 65.

Солнечной системы, определяемый в 5 и даже 4,5 млрд лет.

Сопоставим это высказывание с высказыванием астрономов о том, что «возраст Земли и метеоритов порядка пяти миллиардов лет. Поэтому считают, что вся Солнечная система существует по крайней мере  $5 \cdot 10^9$  лет»<sup>10</sup>.

Высказывания геологов и астрономов явно представляют собой логически порочный круг. На границе геологии и астрономии завязывается узел, который должен быть разрублен. Для определения возраста Солнечной системы много полезнее земного эталона мог бы оказаться тот факт, что «энергии превращения водорода в гелий было бы достаточно для поддержания излучения Солнца в течение времени порядка  $10^{11}$  лет»<sup>11</sup>. Из всего сказанного следует, что возрастом горных пород в 13 млрд лет не надо пренебрегать, а следует его считать крупнейшей проблемой, достойной изучения не только в геологии, но и в космологии.

Нечто похожее происходит с представлениями о возрасте Вселенной. Известно, что поначалу А. Эйнштейн считал Вселенную стационарной. Затем А. А. Фридман выдвинул свою гипотезу о нестационарности Вселенной, которую Эйнштейн спустя несколько лет принял, после чего утвердились представление о нестационарности Вселенной. Создается впечатление, что представление о стационарной Вселенной было лишь своего рода теоретическим «тупиком», из которого Эйнштейн быстро вышел, а его новые доказательства нестационарности Вселенной были просто победой одетого в математические одежды здравого смысла. Но нестационарность Вселенной может быть различной. Расширение или сжатие — это простейшие процессы, к которым рискованно сводить всю эволюцию Вселенной и которые должны комбинироваться друг с другом, уступая первенство одно другому не только во времени, но и в пространстве, и сочетаясь с вихревыми и более сложными движениями.

В 1842 г. австрийский ученый К. Доплер установил зависимость частоты волн от скорости перемещения их источника относительно наблюдателя. При приближении источника его длина волны уменьшает-

ся, при удалении растет, что соответствует уменьшению энергии излучения и «покраснению» спектральных линий, или их смещению в длинноволновую часть спектра. Красное смещение было обнаружено Хабблом в спектрах излучения далеких галактик. При этом, чем дальше от нас галактика, тем больше красное смещение линий в ее спектре и, следовательно, тем быстрее она удаляется от нас. Таким образом, вроде бы подтвердилась мысль о расширении Вселенной. Затем она была возведена в ранг «кардинального факта» (тогда как это всего-навсего система построений и гипотез, в конечном счете основанная на земном или околоземном материале) и т. д.

Открытие Хабблом того, что красное смещение возрастает с удалением галактик, является, конечно, величайшим научным достижением. Но интерпретация этого факта может быть различной. По-видимому, с учетом новых данных о возрасте пород раннего докембрия необходимо пересмотреть представления о возрасте Земли, а вместе с тем и Вселенной. Космологические задачи должны решаться на земном материале, иначе будет нарушен упомянутый основной постулат космологии. Возможно, красное смещение далеких галактик должно получить новое истолкование. Здесь может сыграть свою роль и небезызвестная «скрытая масса» Вселенной. В космологии установлена критическая плотность вещества во Вселенной — примерно  $10^{-29}$  г/см<sup>3</sup>. Считается, что если средняя плотность ниже критической, то Вселенная должна бесконечно расширяться, а если выше — это расширение рано или поздно сменится сжатием. По некоторым оценкам, плотность, с учетом массы одних только электронных нейтрино уже равна критической, а если принять во внимание массы мюонных и т-нейтрино, то плотность превысит критическую и Вселенная не сможет расширяться бесконечно. В этом случае тяготение остановит разлетающиеся галактики и направит их по обратному пути. Однако в нестационарной Вселенной далекие галактики могут испытывать сложные движения и эволюционировать, совсем не обязательно убегая друг от друга, «как черт от ладана». Надо еще иметь в виду, что реликтовое излучение вовсе необязательно рассматривать как остаточное свидетельство начального взрыва сверхплотной Вселенной. Ведь в этом словосочетании лишь слово «излучение» означает измеримую величину, а то, что оно реликтовое, — это только гипо-

<sup>10</sup> Струве О., Линдс Б., Пилланс Э. Элементарная астрономия. М., 1964.

<sup>11</sup> Брандт Дж., Ходж П. Астрофизика Солнечной системы. М., 1967.

теза, справедливая в модели «горячей» Вселенной.

Итак, исследования раннего докембрия позволяют поставить серьезнейший научный вопрос о необходимости согласовать результаты различных подходов к изучению возраста Земли и Вселенной. История Земли длительна и сложна, и в ней могут быть запечатлены следы крупнейших космических событий. Ее изучение, наряду с выяснением законов существо-

вания и развития галактик и их скоплений, а также квазаров, должно привести к взаимной корректировке геологических и космологических построений и, несомненно, к дальнейшему прогрессу в развитии этих наук. Я, как геолог, хочу верить, что геологические разрезы, формировавшиеся на протяжении миллиардов лет, могут оказаться ключом к познанию Вселенной.

## КОММЕНТАРИЙ ГЕОХИМИКА

За последние годы методы изотопной геохронологии достигли совершенства. Лаборатории мира оснащены массспектрометрами, позволяющими измерять изотопный состав с погрешностью не хуже  $\pm 0,002\%$  из навесок массой до  $10^{-9}$  г. Исследователи имеют возможность определять возраст как породы в целом, так и отдельных минеральных зерен размером в десятичные доли миллиметра или даже осколков таких зерен.

Тонкие методы интерпретации изотопных данных позволяют с помощью разных вариантов изохронных построений находить возраст не только кристаллизации, но и вторичного метаморфизма пород. Иначе говоря, определять действительный возраст даже тогда, когда минерал теряет некоторое количество радиоактивного или (и) радиогенного изотопа.

Эти методы неоднократно описаны в научных статьях, монографиях и популярных книгах<sup>1</sup>. Сегодня удается надежно и строго разграничивать геологические события, произошедшие 2—3 млрд лет назад с разрешающей способностью до

0,002 млрд лет, т. е. измерять геологическое время с точностью не хуже  $\pm 0,1\%$ ! В научной литературе вполне серьезно обсуждаются причины расхождения в оценках возраста метеоритов, полученных по независимым уран-свинцовым и рубидий-стронциевым изотопным «часам» — 4,554 или 4,562 млрд лет... Для определения возраста Земли детально разработан ряд независимых моделей развития разных изотопных систем планеты в целом, приводящих к одному и тому же значению ее возраста — около 4,6 млрд лет...

Вывод Ю. А. Косягина о том, что легко увеличить возраст Земли до 60 млрд лет или более, по существу основан на нескольких выбранных из литературы экспериментальных данных, полученных в основном лет 20 назад. В статье им приписан изотопно-геохронологический смысл, которого они на самом деле не имеют.

Прежде всего это относится к данным уран-свинцового метода. Например, значение 6,0 млрд лет для слюдисто-сульфидного цемента конгломератов нижней свиты криворожской серии рассматривается как реальный возраст.

Но при этом не учитывается, что образцы были взяты из зоны гипергенных изменений, приводящих к преимущественному выносу урана. А это неизбежно приводит к завышению «возраста», вычисляемого по формуле:

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left( \frac{\text{Pb}}{\text{U}} + 1 \right),$$

где выражение  $\text{Pb}/\text{U}$  означает

отношение концентраций свинца и урана в образце.

Ведь уменьшение концентрации урана (знаменатель) в соответствии с законами алгебры завышает дробь и соответственно — значение возраста. В разной степени — по разным изотопным отношениям:  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ . Именно эта обычная в геохронологии ситуация и описана в статье А. И. Тугаринова с коллегами<sup>2</sup>. Но в изотопной геохронологии разработаны определения истинного возраста и для таких случаев. Один из способов основан на том, что на возраст, рассчитываемый по соотношению изотопов только свинца, потери урана в гипергенных условиях почти не сказываются. Поэтому для тех же слюдисто-сульфидных конгломератов А. И. Тугаринов с коллегами смогли построить в системе координат  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  —  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  — изохрону, на которой оказалась и точка образца с кажущимся «возрастом» 6 млрд лет. По тангенсу угла наклона изохроны А. И. Тугаринов и др. получили возраст 2,52 млрд лет.

<sup>1</sup> Старик И. Е. Ядерная геохронология. М.; Л., 1961; Собатович Э. В. Изотопы свинца в геохимии и космохимии. М., 1970; Изотопная геология. М., 1984; Горюхов И. М. Рубидий-стронциевый метод изотопной геохронологии. М., 1985; Шуколюков Ю. А. Часы на миллиард лет. М., 1984.

<sup>2</sup> Бибикова Е. В., Тугаринов А. И., Зыков С. И. О возрасте седиментации криворожской толщи // Тр. одиннадцатой сессии Комиссии по определению абсолютного возраста геологических формаций. М., 1963. С. 163—167.

<sup>3</sup> Шуколюков Ю. А., Горюхов И. М., Левченко О. А. Графические методы изотопной геологии. М., 1974.

В статье Ю. А. Косыгина об этом не сообщается.

Другой «сверхдревний» объект, которому приписывается возраст 6 млрд лет — образцы мусковитизированных аркоз Старооскольского района КМА<sup>4</sup>. Можно построить и для этих образцов изохрону в той же системе координат и увидеть, что точка «6-миллиардного» образца оказывается на этой прямой линии, Тангенс угла наклона отвечает возрасту 2,3 млрд лет...

Таким образом, рассчитанные по  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  высокие возрастные значения — результат миграции урана. Сами по себе эти значения никакой информации о возрасте не содержат.

Несколько слов об измерениях по калий-argonовому методу. Сегодня хорошо известно, что минералы и породы часто содержат так много изотопа  $^{40}\text{Ar}$ , что его образование из калия *in situ* — исключается. Такой избыточный аргон Э. К. Герлинг объяснял генерацией в минералах в неизвестных радиоактивных процессах. Все остальные исследователи считают, что избыточный аргон в берилле, кордиерите, кварце, сэдберите, пироксене, плагиоклазе, мраморе, сульфидах и многих других минералах и породах захвачен при их кристаллизации. Вычисляемые по избыточному аргону «возрасты» ни геологического, ни физического смысла не имеют. Это не представление «на сугубо гипотетическом уровне», как указывается в статье Ю. А. Косыгина, а результаты серьезных экспериментальных исследований, выполненных во многих лабораториях, которые позволяют утверждать:

1. Во всех минералах с избыточным  $^{40}\text{Ar}$ , т. е. с повышенным «возрастом», всегда присутствуют и другие благородные газы: неон, гелий, криптон, ксенон. Если бы  $^{40}\text{Ar}$  образовался из калия в таких минералах, нужно было бы придумать ядерные процессы для гене-

рации полутора десятков изотопов остальных благородных газов. Все объясняется гораздо проще — захватом благородных газов при кристаллизации минералов. Именно поэтому в бериллах, например, они в тех же соотношениях, что и в природных газах<sup>5</sup>.

2. Экспериментально исследовано местонахождение захваченных аргона и других благородных газов в структуре минералов с «экстремальными возрастами» — в микровключениях<sup>6</sup>. Разработаны методы их вскрытия для исследования захваченных благородных газов. Исследована кинетика выделения захваченного  $^{40}\text{Ar}$  и других газов, существенно отличающаяся от кинетики выделения радиогенного аргона<sup>7</sup>.

3. Избыточный  $^{40}\text{Ar}$  в очень большой концентрации нередко встречается во вторичных минералах, тонкой коркой покрывающих первичные минеральные зерна, — в хлорите, в канкрините, в сульфидах.

4. Захваченный  $^{40}\text{Ar}$  обнаруживается в ряде сингенетических калий-содержащих минералов, кажущихся разновозрастными. При построении изохрон в системе координат  $^{40}\text{Ar} - ^{40}\text{K}$  изохроны отсекают на оси ординат отрезок, численно равный концентрации захваченного аргона.

5. Захват благородных газов растущими кристаллами, в том числе захват  $^{40}\text{Ar}$ , неоднократно моделировался в лабораторных условиях. Доказательство существования процесса захвата  $^{40}\text{Ar}$  — давно пройденный этап развития изотопной геохронологии.

Поэтому все приводимые Ю. А. Косыгиным калий-аргоновые «возрасты» свыша 4,5 млрд лет не содержат на самом деле никакой геохронологической информации. Это всего-навсего результат захвата аргона кристаллизирующими минералами.

Что касается космохронологии, то существуют несколько изотопных методов расчета возраста Вселенной, точнее говоря — длительности непрерывного звездного нуклеосинтеза. Расчеты по радиоактивным изотопам кюрия, урана и тория дали величину  $9 \pm 3$  млрд лет<sup>8</sup>, по изотопам ксенона, урана, плутония и тория —  $8,4 \pm 0,4$  млрд лет<sup>9</sup>, по изотопам осмия и рения  $14 \pm 6$  млрд лет<sup>10</sup>, в среднем  $10 \pm 3$  млрд лет. Если учсть, что со времени образования Солнечной системы, включая Землю, прошло 4,6 млрд лет возраст Вселенной, по изотопным данным,  $15 \pm 3$  млрд лет.

Полное игнорирование этих изотопно-космохронологических данных и методов не делает более убедительными представления о 60-миллиардном возрасте Земли и Вселенной.

Завышение возрастов из-за миграции изотопов — не основание для ревизии изотопной геохронологии.

**Ю. А. Шуколюков,**  
доктор химических наук

<sup>8</sup> Tatsumoto M., Shimamura T. // Nature. 1980. Vol. 286. № 5769. P. 118—120.

<sup>9</sup> Hohenberg C. M. // Science. 1969. Vol. 166. № 3902. P. 212—222.

<sup>10</sup> Luck J.-M. et al. // Nature. 1980. Vol. 283. № 5744. P. 256—260.

<sup>5</sup> Верховский А. Б., Матуков Д. И., Кирнозова Т. И., Шуколюков Ю. А. // Геохимия. 1983. № 2. С. 252—262.

<sup>6</sup> Прасолов Э. М. Там же. С. 153—164.

<sup>7</sup> Морозова И. М., Спринцсон В. Д., Шуркина Л. К. О распределении избыточного аргона в минералах основных и ультраосновных пород // Развитие и применение методов ядерной геохронологии. Л., 1976. С. 122—152.

<sup>4</sup> Тугаринов А. И., Войтекевич Г. В. Докембрийская геохронология материков. М., 1966.

## КОММЕНТАРИЙ АСТРОФИЗИКА

Ю. А. Косыгин в основном сосредоточивает свое внимание на возрасте Земли и Солнечной системы. По этому вопросу соображения, подкрепляющие общепринятые значения (несколько меньше 5 млрд лет), представил Ю. А. Шуколюков.

Второй частью статьи Ю. А. Косыгин выражает сомнения в общепринятом возрасте Вселенной порядка 10—20 млрд лет. По моему мнению, нет оснований сомневаться в законах Доплер-эффекта (смещения спектральных линий), однозначно указывающих на расширение Вселенной. Формулы Доплер-эффекта проверены не только на земных объектах, но и в космосе (например, в двойных звездах).

Несомненно, остается неопределенность в определении расстояний, а также средней плотности вещества. Именно с этим связана указанная выше неопределенность времени существования Вселенной в современном и подобном современному состоянию.

Суммируя эти соображения с подробным анализом Ю. А. Шуколюкова, мы приходим к выводу, что Солнечная система (и в том числе Земля) образовалась на поздней стадии эволюции Вселенной.

В статье Ю. А. Косыгина сказано о реликтовом излучении: «...лишь слово «излучение» означает измеримую величину, а то, что оно реликтовое, — это только гипотеза, справедливая в модели «горячей» Вселенной». Не могу с этим согласиться: в настоящее время спектр излучения хорошо изучен (не менее чем 20 разных длин волн) и прекрасно согласуется со спектром черного тела. Изотропия излучения также соблюдается очень точно. Все это, на мой взгляд, является вескими аргументами в пользу реликтовой природы излучения и теории горячей Вселенной.

Несомненно, что в астрофизике надо быть осторожным. Есть известное высказывание: «Астрофизики (космологии)

ги) часто ошибаются, но никогда не сомневаются».

Можно вспомнить, что когда Хаббл сделал свое открытие, он дал значение величины, связывающей расстояние и скорость, в 10 раз отличающееся от современного,— и притом привел его с тремя значащими цифрами ( $U=H_r$ ,  $H=564$  км/с· Мпк). Таким образом, в 30-х годахказалось, что возраст Вселенной составляет около 2 млрд лет. Казалось, что Солнечная система, в лучшем случае, образовалась на очень ранней стадии расширения. Соотношение возраста Земли и Вселенной было трудностью теории!

В настоящее время после пересмотра шкалы расстояний, приводящего к  $H \sim 50$ —100 км/с· Мпк и к указанному выше возрасту, трудности этой больше нет — по крайней мере, такова моя оценка состояния вопроса.

Академик Я. Б. Зельдович

## Н О В Ы Е К Н И Г И

### Астрофизика

**ФИЗИКА КОСМОСА: МАЛЕНЬКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ** / Гл. ред. Р. А. Сюняев. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Сов. энциклопедия. 1986. 783, с. Ц. 5 р. 40 к.

Астрофизика и космология развиваются необычайно интенсивно. Поэтому переиздание «Маленькой энциклопедии» по этим областям науки потребовало больших усилий как от новой редакции, так и от авторов. В полтора раза пришлось увеличить объем книги, большое число статей написано заново. Но основа прежнего издания, вышедшего под редакцией С. Б. Пикельнера десять лет тому назад, сохранилась. Следуя традиции, авторы стре-

мились излагать именно физику космоса. В кратком и, по возможности, доступном виде освещено современное состояние фундаментальных наук — теории элементарных частиц, теории поля и гравитации. Большое внимание уделено современной теории ранней Вселенной, а также экстремальным состояниям небесных тел, в частности черным дырам и нейтронным звездам, проявляющим себя как радиопульсы, рентгеновские пульсы и барстеры. Наряду с классической оптической астрономией рассказывается о новых направлениях: радиоастрономии, гамма-, рентгеновской и нейтринной астрономии.

Энциклопедия делится на две части. Первая, состоящая из

восьми обзорных статей, вводит читателя в круг основных проблем и исследований современной астрофизики. Вторая часть содержит около 350 статей, расположенных в алфавитном порядке. В них более углубленно изложены проблемы, затронутые в обзорных статьях, а также рассмотрены методы исследования и направления развития астрофизики.

Следует подчеркнуть, что «Физика космоса» не может служить справочником для специалистов в области астрономии и астрофизики. Ее цель — ознакомить широкий круг читателей, не имеющих специальной подготовки, с современным уровнем научных знаний о космосе.