

В. Н. ЛАРИН

ПЛАНЕТОХИМИЧЕСКОЕ СЛЕДСТВИЕ СОВРЕМЕННОЙ КОСМОГОНИИ

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 7 IV 1972)

Установлена закономерная зависимость дефицита элементов на Земле (во внешних геосферах) от их потенциалов ионизации: чем выше потенциал ионизации элемента, тем меньше его содержание на Земле в сравнении с концентрациями на Солнце (рис. 1).

Эта закономерность, по нашему мнению, согласуется с космогонической гипотезой Хойла ⁽¹⁾ о перераспределении момента количества движения в солнечной системе магнитным полем протосолнца на стадии его ротационной неустойчивости, когда происходило формирование протопланетного диска. Согласно Ф. Хойлу, магнитные силовые линии, будучи «вмороженными» в центральное сгущение и в частично ионизированное вещество диска, осуществляли сцепление между ними, поддерживавшее равенство угловой скорости протосолнца с внутренним краем диска. При этом протосолнце тормозилось, выходило из режима ротационной неустойчивости и получало возможность к дальнейшему сжатию, тогда как вещество протопланетного диска, приобретая момент количества движения, удалялось от центрального сгущения и распространялось в плоскости эклиптики.

Необходимая степень ионизации протовещества, возможно, была обусловлена не высокими температурами, а его радиоактивностью в связи с последним актом нуклеосинтеза, произошедшим 4,7 млрд лет назад ⁽²⁾, т. е. непосредственно перед формированием солнечной системы, когда наряду с тяжелыми ядрами неизбежно должна была сформироваться масса легких радиоактивных изотопов со сравнительно малым периодом полураспада. Ионизированное за счет радиации состояние протовещества, в свою очередь, вызвало стабилизацию дисперсности среды и препятствовало коагуляции, которая, таким образом, на первых этапах формирования солнечной системы не могла препятствовать передаче момента количества движения.

В процессе распространения протопланетного вещества в плоскости эклиптики должна была происходить, его дифференциация в зависимости от степени ионизированности, так как заряженные (ионизированные) частицы (или соединения) с малыми потенциалами ионизации должны захватываться силовыми линиями магнитного диполя и накапливаться во внутренних частях протопланетного диска, тогда как элементы с высокими потенциалами ионизации должны были фракционироваться (выталкиваться) из внутренних частей диска и уходить на его периферию (рис. 2).

Высказаны предположения ⁽³⁾, что именно это фракционирование обусловило различия в составах внутренних и внешних планет: первые обогащены металлами с низкими потенциалами ионизации; последние — газами, у которых потенциалы ионизации высокие. Было показано ⁽⁴⁾, что этим фракционированием можно объяснить дефицит инертных газов на Земле.

Закономерное увеличение дефицита элементов во внешних геосферах Земли по мере роста их ионизационных потенциалов (см. рис. 1),

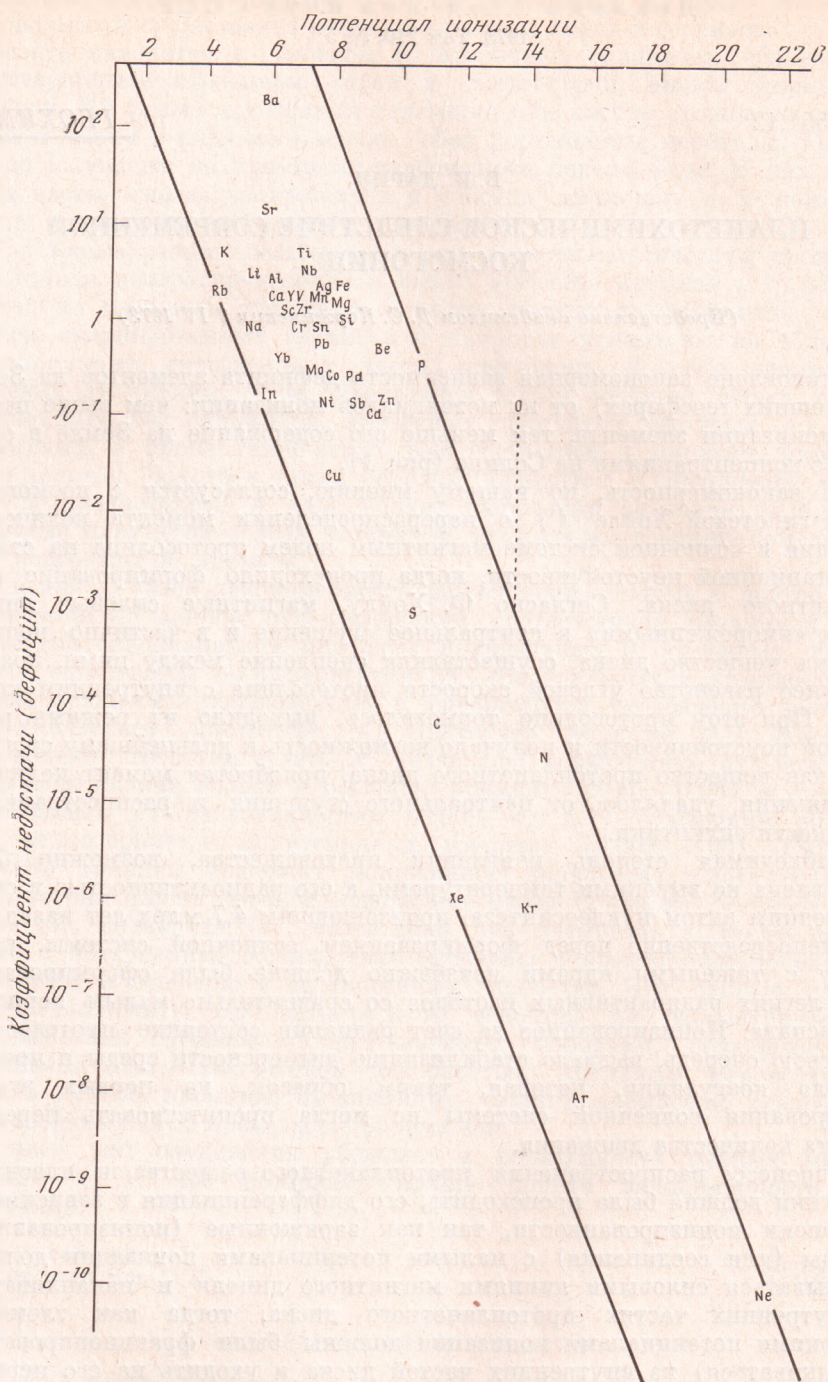


Рис. 1. Корреляция дефицита элементов на Земле с их ионизационными потенциалами. Состав Солнца по Аллеру ⁽¹⁰⁾, за состав внешних геосфер принят пиролит Рингвуда и Грина (кларки пород — по А. П. Виноградову, 1962 г.). Коэффициенты недостачи инертных газов из ⁽³⁾.
 Коэффициент недостачи = $\frac{\text{конц. элемента на Земле/конц. Si на Земле}}{\text{конц. элемента на Солнце/конц. Si на Солнце}}$
 (концентрации взяты в атомных количествах)

по нашему мнению, является вещественным подтверждением гипотезы Хойла, а также свидетельствует о том, что внешние геосферы во многом наследуют исходный состав планеты.

Однако из общей закономерности резко выпадает кислород, содержание которого во внешних геосферах во много раз выше ожидаемой концентрации (в свете процесса фракционирования). Формально это можно связать либо с тем, что кислород, несмотря на высокий потенциал ионизации, по каким-то причинам фракционировался в меньшей степени

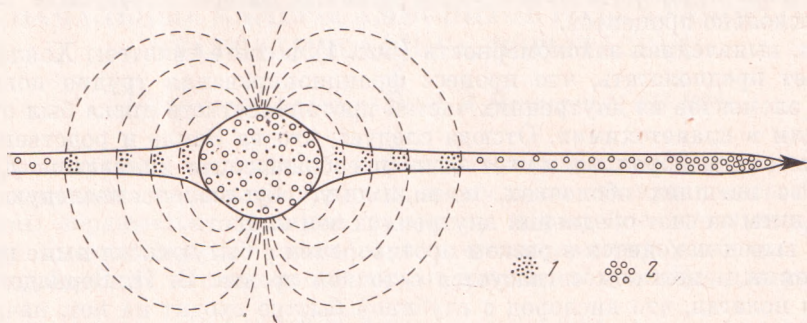


Рис. 2. Дифференциация вещества в протопланетном диске под воздействием магнитного поля протозвезды (магнитная сепарация частиц).
1 — ионизированные частицы, 2 — нейтральные

из внутренних частей протопланетного диска, либо с последующим накоплением его во внешних геосферах в связи с перераспределением исходной, более низкой концентрации при дифференциации недр планеты.

Уменьшение степени фракционирования кислорода могло бы иметь место в связи с нахождением его в виде каких-то соединений, имеющих низкие (как у металлов) потенциалы ионизации. Но, учитывая широчайшее распространение водорода в протовеществе, согласно закону действия масс, из всех соединений кислорода на допланетной стадии следует ожидать резкого преобладания молекул гидроксила и воды, потенциалы ионизации которых (соответственно 13,2 и 12,6 в) мало отличаются от потенциала ионизации элементарного кислорода (13,6 в). Следовательно, предположение о меньшей степени фракционирования кислорода маловероятно, и остается полагать, что его преобладание во внешних геосферах обусловлено перераспределением гораздо более низкой исходной концентрации.

Выявленная закономерность (см. рис. 1), позволяющая судить о степени фракционирования элементов, дает возможность, исходя из состава Солнца, определить в первом приближении изначальный состав Земли. Главными элементами, слагающими до $\frac{4}{5}$ ее массы, должны быть (в порядке убывания) магний, кремний и железо. Среди остальных металлов эти элементы резко преобладают на Солнце и, следовательно, преобладали в протовеществе*, а их низкие потенциалы ионизации обеспечивали достаточно полное вычерпывание магнитным полем. Подчиненное значение будут иметь алюминий, кальций и натрий, которые распространены на Солнце в меньшей степени. Если фракционирование кислорода происходило в соответствии с его ионизационным потенциалом (или потенциалами ионизации его водородистых соединений), то на графике он не должен выходить за пределы прямой, ограничивающей всю совокупность точек сверху. Этим определяется верхний предел коэффициента недостачи, согласно

* Состав Солнца мало изменился за все время существования, поэтому по составу настоящего Солнца можно судить о химизме протовещества.

которому исходное содержание кислорода на Земле не должно превышать 5—6% атомных или 3—4% по массе.

Учитывая способность металлов поглощать большие количества водорода (до атомных отношений $H/Me \geq 1$) (^{5, 6}) и принимая во внимание его широчайшее распространение в протовеществе, естественно предположить значительное насыщение пылеватых металлических частиц водородом, что должно было обусловить преимущественно водородистый (гидридный) изначальный состав Земли и других внутренних планет. При этом весовая доля водорода в общей массе планеты должна составлять всего лишь несколько процентов.

Итак, выявленная закономерность (рис. 1) в свете гипотезы Хойла (¹) позволяет предполагать, что процесс фракционирования трудно ионизируемых элементов из внутренних частей протопланетного диска был определяющим в планетохимии. Отсюда следует, что на Земле и родственных ей планетах кислород не может быть преобладающим элементом, и его обилие во внешних оболочках, по-видимому, обусловлено последующим накоплением за счет обеднения внутренних зон планет.

Этот вывод находится в резком противоречии с бытующими ныне представлениями и целиком согласуется с точкой зрения В. И. Вернадского, который полагал, что кислород с глубиной быстро сходит на нет, начинают все более преобладать металлы и растет количество водорода, образующего как растворы в металлах, так и водородистые соединения — гидриды (⁷).

Принимая гипотезу изначальной гидридной Земли в качестве исходной посылки, можно построить радикально новую геохимическую модель Земли (⁸), которая хорошо согласуется с современными данными по физике ядра и мантии, позволяет понять внутренние причины всех глобальных геологических явлений и весьма просто решает проблему магнетизма (⁹).

Автор выражает глубокую признательность чл.-корр. АН СССР И. С. Шкловскому за детальное обсуждение проблемы.

Поступило
26 III 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Ф. Хойл, *Вопр. космогонии*, 7, 15 (1960). ² F. W. Hoyle, W. A. Fowler, *Isotopic and Cosmic Chemistry*, 1964. ³ В. И. Мороз, *Физика планет*, «Наука», 1967. ⁴ J. R. Iokipii, *Icarus*, 3, 248 (1964). ⁵ Н. А. Галактионова, *Водород в металлах*, М., 1967. ⁶ К. Маккей, *Водородные соединения металлов*, М., 1968. ⁷ В. И. Вернадский, *Избр. соч.*, 4, кн. 2, Изд. АН СССР, 1960, стр. 14. ⁸ В. Н. Ларин, *Международн. геохим. конгресс, тез. докл.*, М., 1971. ⁹ В. Н. Ларин, *О роли водорода в строении и развитии Земли*, Научные собрания, в. 6, М., 1971. ¹⁰ Aller, *The Abundance of the Elements*, 1961.