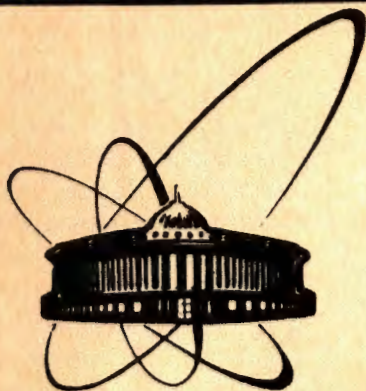


92-221



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

P12-92-221

Ю. Т. Чубурков

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОТОПЛАНЕТНОМ  
ОБЛАКЕ В ЗАВИСИМОСТИ  
ОТ ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
И СЛЕДСТВИЯ ЭТОГО ЯВЛЕНИЯ\*

Направлено в "ЖВХО им. Д.И.Менделеева"

\*Доложено на IX Всесоюзном симпозиуме по космохимии  
и метеоритике, Киев (Ворзель), сентябрь, 1987 г.

1992

Физико-химические свойства элементов и их сепарация  
в протопланетном облаке

В работе [1] предложена новая гидридная модель Земли и указано на существование положительной корреляции между отношением распространенностей элементов,  $E_A$ , в исходных веществах астероидов,  $K_{па}$  (средний радиус орбит  $R_{па} = 2,8$  а.е.), Земли,  $K_E$ , ( $R_E = 1,0$  а.е.) и первым потенциалом ионизации их атомов,  $L_1$ . В качестве  $K_{па}$  и  $K_E$  были приняты  $E_A$  в хондритах,  $K_{сн'}$  и гипотетическом веществе мантии Земли, соответственно. При этом корреляция наблюдалась не для всех элементов, и доверительный интервал, в который вмещались все экспериментальные точки, составлял три порядка величины.

Найденная корреляция объяснялась разделением элементов в протопланетном облаке до аккреции вещества. Новая гипотеза и сам факт корреляции выходят за рамки общеизвестного хондритного постулата, согласно которому состав Земли близок к составу хондритов (например:  $K_E$  для кислорода принимается равным  $\sim 30$  массовых %). На основе новой гипотезы было предсказано, что значения  $E_A$  Венеры и Марса также будут отличаться от земных и метеоритных, а также, что в планетах земного типа должен быть дефицит кислорода. В Земле кислород должен составлять всего несколько процентов от ее массы.

Первую часть предсказания можно проверить по результатам элементных анализов образцов вещества Венеры и Марса уже сейчас, не дожидаясь определения их  $E_A$  [2].

Согласно Периодическому Закону в природных процессах элементы-химические аналоги должны разделяться между собой значительно труднее, чем с другими химически непохожими элементами. Если взять среднее значение  $E_A$ , например, для Na, Mg, Al, Zr и P в таких разных по составу породах, как изверженные [3] и карбонатные [4], то  $E_A$  в каждой породе по отношению к  $E_A$  будут иметь среднеквадратичные отклонения, равные 0,81, 0,32, 0,79, 0,80 и 0,36, соответственно. В тех же породах соответствующие среднеквадратичные отклонения от средних значений отношений  $E_A$  для пар химических аналогов Na-K, Mg-Sr, Al-In, Ti-Zr и P-As будут равны: 0,12, 0,10, 0,08, 0,26 и 0,08, соответственно. Отсюда видно, что относительные данные, взятые с учетом химического родства элементов, в отличие от абсолютных  $E_A$  более слабо реагируют на процессы метаморфизации пород. Поэтому, имея результаты элементного анализа лишь отдельных образцов Венеры и

Марса, в качестве общей характеристики пород слагающих эти планеты в соответствии с Периодическим законом можно рассматривать отношения концентраций  $K_1/K_2$  элементов - химических аналогов. Данные табл.1 согласуются с предсказанием, упомянутом выше, т.к. тела с большим  $R$ , в основном, более богаты элементами с высокими значениями  $L_1$ .

Таблица 1

Отношения концентраций  $K_1/K_2$  для некоторых пар элементов-химических аналогов  $Z_{(1)}$  и  $Z_{(2)}$  в поверхностных образцах пород Венеры, Земли, Марса и метеоритов\*

$R(a, e)$	0.72	1.00	1.52	2.8
$Z_{(1)}/Z_{(2)}$	Венера	Земля	Марс	метеориты
Mg/Ca	1.0±0.5	0.6±0.2	1.3±0.2	8.8±2.8
Mg/Sr		50.2±8.1	(6.7±1.6)·10 <sup>2</sup>	(1.1±0.2)·10 <sup>4</sup>
Ca/Sr		91.3±10.6	(5.3±1.3)·10 <sup>2</sup>	(1.2±0.3)·10 <sup>3</sup>
Al/U	(7.9±4.9)·10 <sup>4</sup>	(4±2)·10 <sup>4</sup>		(6.3±3.3)·10 <sup>5</sup>
Fe/Al	0.9±0.3	0.7±0.2		16.7±5.4
Si/Ti	38.3±19.8	72.5±11.0		(2.8±3.8)·10 <sup>2</sup>

\* заимствована из [2],  $L_{1(1)} > L_{1(2)}$

С помощью Периодического закона также было показано [2], что элементами с более высокими  $L_1$  обогащены: океаническая вода, в которую собирается основная часть вещества, приходящая из космоса на Землю; аэрозоли (собранные над Южным полюсом Земли) и метеоры.

Поэтому вероятность существования упомянутого выше процесса сепарации элементов в протопланетном облаке, приводящего к дефициту в планетах земного типа элементов с высоким значением  $L_1$ , в том числе и кислорода, представляется достаточно высокой, а попытка найти более количественное описание его механизма - вполне оправданной.

В настоящей работе предпринята попытка получить (хотя бы в первом приближении) такое количественное описание механизма процесса сепарации элементов в протопланетном облаке, а также сформулировать наиболее очевидные следствия этого процесса и проанализировать известные в науке экспериментальные факты, подтверждающие эти следствия.

Таблица 2

Доля свободных нейтральных атомов в протопланетном облаке,  $N_0$ , с учетом их химической активности, средства к электрону и потенциалов ионизации валентных электронов

Предполагаемые соединения	N	1 - J <sup>-</sup> - J <sup>+</sup>	$N_0 = N - N^- - N^+$
H <sub>2</sub>	0,708	0,890	0,630
He	-	0,925	0,925
Li <sub>2</sub> O <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0,494	0,338	0,167
Be <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0,305	0,568	0,173
B <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	0,286	0,495	0,160
C(O, H, N)	0,316	0,651	0,206
N(OHC)	0,216	0,881	0,190
O(C, N, M, H)*	0,276	0,796	0,220
F(Al, Ca)	0,299	0,696	0,208
Ne	-	0,911	0,911
Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0,484	0,310	0,150
Mg(OH) <sub>2</sub>	0,517	0,442	0,229
AlOF	0,420	0,316	0,133
Si <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,429	0,418	0,179
PO <sub>2</sub>	0,351	0,612	0,217
SO <sub>2</sub>	0,490	0,559	0,274
Cl(Fe, Ni и др.)	0,447	0,635	0,284
Ar	-	0,885	0,885
K <sub>2</sub> O <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0,470	0,232	0,109
Ca(OH) <sub>2</sub> (F) <sub>2</sub>	0,664	0,259	0,172
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,481	0,324	0,156
TiO <sub>2</sub>	0,434	0,370	0,160
VO <sub>2</sub>	0,497	0,355	0,171
CrO	0,691	0,362	0,250
Mn(OH) <sub>3</sub>	0,509	0,425	0,216
FeCl <sub>3</sub> [(OH) <sub>3</sub> ]	0,537	0,453	0,243
CoCl <sub>2</sub>	0,550	0,441	0,243
NiCl <sub>2</sub>	0,750	0,411	0,310
CuCl <sub>2</sub>	0,534	0,419	0,224
Zn <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	0,538	0,571	0,307
Ga <sub>2</sub> O	0,500	0,321	0,160
GeO <sub>2</sub>	0,520	0,424	0,221
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,413	0,570	0,235
SeO	0,526	0,522	0,274
BrH	0,755	0,584	0,440
Kr	-	0,877	0,877

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
Rb <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,640	0,213	0,136
SrO	0,709	0,188	0,133
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,436	0,272	0,119
ZrO <sub>2</sub>	0,343	0,338	0,143
NbO <sub>2</sub>	0,264	0,349	0,092
MoO	0,666	0,372	0,246
RuS <sub>2</sub>	0,866	0,381	0,330
RhO	0,731	0,389	0,285
Pd(OH) <sub>4</sub>	0,594	0,458	0,272
Ag <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub>	0,589	0,409	0,241
Cd <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	0,658	0,541	0,356
InCl <sub>3</sub>	0,586	0,302	0,178
SnO <sub>2</sub>	0,631	0,382	0,241
Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,402	0,458	0,184
TeO <sub>2</sub>	0,561	0,476	0,268
IH	0,798	0,718	0,573
Xe	-	0,770	0,770
Cs <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,688	0,189	0,130
BaO	0,623	0,098	0,061
LaO	0,460	0,163	0,075
HfO <sub>2</sub>	0,389	0,427	0,166
TaO <sub>2</sub>	0,251	0,334	0,110
WO	0,540	0,452	0,240
ReO <sub>2</sub>	0,523	0,454	0,238
OsO <sub>4</sub>	0,699	0,472	0,330
IrOCl	0,726	0,433	0,315
PtOCl <sub>2</sub>	0,653	0,465	0,304
AuCl <sub>3</sub>	0,600	0,476	0,286
HgCl <sub>2</sub>	0,707	0,647	0,458
Tl <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub>	0,573	0,328	0,188
PbCl <sub>2</sub>	0,579	0,389	0,225
BiO	0,408	0,388	0,158
ThO <sub>2</sub>	0,212	0,230	0,050
UO <sub>2</sub>	0,253	0,390	0,100

\* М - металлы (во всех случаях, если указано несколько агентов, способных соединиться с данным элементом, то доля таких соединений бралась с учетом химического сродства и распространенности агента)

В работе [2] в качестве одной из причин возникновения центробежной составляющей скорости протопланетного вещества (разной для всех форм элемента) предложено взять индуцированный светом дрейф корпускул. При этом естественно принять, что наибольшее значение этой составляющей будет у свободных нейтральных атомов элементов в отличие от более тяжелых молекул, аэрозольных частиц и сильно взаимодействующих с магнитным полем Солнца различных ионов. Поэтому величину вероятной доли свободных нейтральных атомов у каждого элемента можно рассматривать в качестве главного параметра, влияющего на распределение элемента в рассматриваемой разделительной системе, которая имеет равные для всех элементов световое, магнитное и электромагнитное поля.

В качестве доли положительных,  $J^+$ , и отрицательных,  $J^-$ , ионов, примем

$$J^+ = (1 - \text{СЭР}) \left[ (1 - L_1 P) + (1 - L_1 P)(1 - L_2 P) + \dots + (1 - L_1 P)(1 - L_2 P) \dots (1 - L_n P) \right], \quad (1)$$

и  $J^- = \text{СЭР}$ , где

СЭ и  $L_i$  - сродство к электрону и потенциалы ионизации элемента с первого по  $n$ -ный,  $n$  - число валентных электронов,  $P = P_{\text{H}^+}/L_{\text{H}} + P_{\text{He}^{2+}}/L_{\text{He}^+} + P_{\text{He}^+}/L_{\text{He}}$ ,  $P_{\text{H}^+} + P_{\text{He}^{2+}} + P_{\text{He}^+} = 1$ , что является суммой вероятностей релаксации указанных ионов в присутствии фотонов с энергией, равной оптическим пределам  $L_{\text{H}}$ ,  $L_{\text{He}}$ ,  $L_{\text{He}^+}$  атомов H, He и иона  $\text{He}^+$  при солнечной ЕА H и He.

В работе [2] при анализе ЕА Солнца, галактических космических лучей и солнечных энергетических частиц было показано, что в атмосфере Солнца (и, видимо, других звезд) должны существовать соединения почти всех химически активных элементов, т.к. без этого нельзя объяснить разницу составов указанных объектов. В работе [5] для хромосферы Солнца приводится температура  $T=5800$  К, что также говорит о возможности существования в ней молекул.

Поэтому, если в протопланетном облаке температура в течение какого-то отрезка времени была не выше, чем в хромосфере Солнца, то существование химических соединений в нем имело высокую вероятность. Примем, что этого времени было достаточно для образования всех выбранных в качестве наиболее вероятных соединений [6], см. табл. 2.

Рассматривая относительные вероятности диссоциации этих молекул как соотношение энергий разрыва химических связей,  $D$ , и энергий указанных выше фотонов, примем, что относительная доля свободных атомов (не связанных в молекулы) будет равна

$$N = (1-D_1P)(1-D_2P)(1-D_3P)\dots(1-D_mP), \quad (3)$$

где  $D_1, D_2, D_3$  и  $D_m$  - энергии связи каждого аденда [7], число которых равно  $m$ , а доля атомов, связанных в молекулы,  $N_m = 1 - N$ .

Зная  $N$ , будем иметь доли положительно и отрицательно заряженных свободных атомов элемента

$N^+ = NJ^+$  и  $N^- = NJ^-$ , соответственно. Отсюда вероятная доля свободных атомов, оставшихся нейтральными, получается равной  $N_0 = N - N^- - N^+$ . При этом соблюдается равенство  $N_m + N^- + N^+ + N_0 = 1$ .

В табл. 2 представлены оценочные значения  $N, 1 - J^- - J^+$  и  $N_0$ .

На рис. 1. показана зависимость  $\ln(K_{CH}/K_{IR})$  от  $N_0$ , где  $K_{CH}$  - EA в хондритах по Юре [8] и  $K_{IR}$  - EA в изверженных породах Земли [3]. Методом наименьших квадратов экспериментальные точки аппроксимированы прямой

$$\ln(K_{CH}/K_{IR}) = a + bN_0. \quad (4)$$

Там же даны параметры аппроксимации. Видно, что коэффициент детерминации достаточно высок:  $r = 0,98$ , а среднеквадратичное отклонение экспериментальных точек  $\Delta y = 0,36$ . Безусловно, с появлением возможности учета дополнительных физико-химических параметров, способных проявляться в данных условиях (масса атома, их магнитная восприимчивость, поляризация и т. п.),  $r$  будет стремиться к единице.

Для двух любых тел Солнечной системы (по крайней мере, в пределах  $R_{п. а.}$ ) найденную зависимость можно записать в общем виде:

$$\ln(K^I/R^{II}) = A + BN_0, \quad (5)$$

где  $K^I$  и  $K^{II}$  - концентрации элементов в телах с радиусами орбит  $R^I$  и  $R^{II}$ , соответственно,  $A$  и  $B$  - константы, обусловленные неучтенными свойствами элементов и отношением  $(R^I)^2$  и  $(R^{II})^2$  - квадратов средних радиусов орбит сравниваемых тел Солнечной системы, т.к. гравитационная, магнитная и электрическая силы убывают в пространстве как квадрат расстояния.

Отметим, что на рис. 1. отсутствуют данные для N, O, F, Ne, Cl, Ar, Zn, Br, Kr, Cd, I, Xe и Hg, которые являются летучими элементами. (Zn, Cd и Hg включены в эту группу как низкокипящие металлы, не имеющие конгруэнтно кипящих оксидов [9]).

Данные по распространенности инертных газов носят противоречивый характер. Например, в качестве распространенности некоторых изотопов инертных газов в веществе планет иногда используется их концентрация в атмосфере, отнесенная к массе планеты. Так, для Венеры, Земли и Марса в работе [10] даны значения распространенности, равные ( $\gamma|\gamma^{-1}$ )

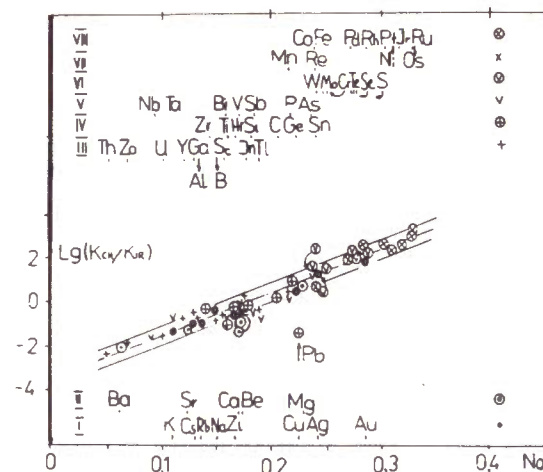


Рис. 1. Зависимость  $\ln(K_{CH}/K_{IR}) = a + bN_0$  дана в десятичных логарифмах. Экспериментальные данные для элементов I-VIII групп Периодической системы Д.И. Менделеева изображены с помощью соответствующих знаков.

$$r^2 = 0,97, \\ -a = 3,54 \pm 0,15, \\ b = 19,40 \pm 0,71, \\ \Delta y = 0,36.$$

$^{20}\text{Ne}$	-	$(2,9 \pm 1,3) \cdot 10^{-10}$ ,	$(1,00 \pm 0,01) \cdot 10^{-11}$ ,	$(4,38 \pm 0,70) \cdot 10^{-14}$ ,
$^{36}\text{Ar}$	-	$(2,51 \pm 0,97) \cdot 10^{-9}$ ,	$(3,45 \pm 0,01) \cdot 10^{-11}$ ,	$(2,16 \pm 0,35) \cdot 10^{-13}$ ,
$^{84}\text{Kr}$	-	$(4,72 \pm 0,57) \cdot 10^{-12}$ ,	$(1,66 \pm 0,02) \cdot 10^{-12}$ ,	$(1,76 \pm 0,28) \cdot 10^{-14}$ и
$^{130}\text{Xe}$	-	$(8,9 \pm 2,5) \cdot 10^{-14}$ ,	$(1,4 \pm 0,02) \cdot 10^{-14}$ ,	$(2,08 \pm 0,41) \cdot 10^{-16}$ ,

соответственно.

Там же приводится содержание этих изотопов в хондритах  $C1(\gamma/\gamma)$ :  $(2,89 \pm 0,77) \cdot 10^{-10}$ ,  $(1,25 \pm 0,10) \cdot 10^{-9}$ ,  $(3,57 \pm 0,15) \cdot 10^{-11}$  и  $(7,0 \pm 1,9) \cdot 10^{-12}$ , соответственно.

Отметим, что средние значения отношений концентраций  $^{36}\text{Ar}$  и  $^{20}\text{Ne}$  для всех планет равны  $4,4 \pm 1,4$ , а в хондрите это отношение составляет  $4,3 \pm 1,3$ . В изверженных породах Земли также  $^{36}\text{Ar}$  больше, чем  $^{20}\text{Ne}$ , но соответствующее отношение значительно меньше и равно 2,6.

Если  $^{36}\text{Cl}$  ( $T_{1/2} = 3 \cdot 10^5$  лет) распался после завершения процесса сепарации элементов в протопланетном облаке, то значения указанных выше отношений в значительной мере обусловлены распределением материнского  $^{36}\text{Cl}$ , а не  $^{36}\text{Ar}$ , также как и у других генетически связанных изотопов, имеющих  $T_{1/2} > 3 \cdot 10^5$  лет, например,  $^{40}\text{K}$ - $^{40}\text{Ar}$ ,  $^{53}\text{Mn}$ - $^{53}\text{Cr}$ ,  $^{26}\text{Al}$ - $^{26}\text{Mg}$ , см., например, [11, 12].

Обращает на себя внимание тот факт, что распространенность EA инертных газов в атмосферах планет (которые больше отличаются по температурам поверхностей, чем по массам) коррелирует с T их поверхностей, а отношения EA  $^{84}\text{Kr}$  и  $^{130}\text{Xe}$  к EA  $^{20}\text{Ne}$  - с летучестью самих газов. При этом необходимо учесть, что значительная часть инертных газов в атмосфере планет попадает из космоса, в том числе с хондритами. Это не означает, что в атмосферах планет нет собственно планетарных газов, но определить их долю в данной ситуации весьма трудно.

Поэтому в качестве EA инертных газов в Земле ниже использованы их  $K_{iR}$ , а в хондритах - содержание этих газов во фракции Chromite,  $K_{ch}$ , из хондрита Allende, также богатой летучими компонентами [13].

Если экспериментальные  $K_{ch}/K_{iR}$  разделить на соответствующие значения, рассчитанные по (4), исходя из  $N_0$  (см. табл. 2) элементов, то эти отношения,  $f$ , окажутся очень высокими для летучих элементов. Особенно велики  $f$  у инертных газов. Например, для Ne  $f$  достигает значения  $10^{13}$ .

Безусловно, при упомянутом выше дефиците кислорода в исходном веществе Земли, для образования силикатной коры потребовалась бы дегазация кислорода из недр, что могло привести к процессу типа зонной плавки большей части земного вещества. Однако и в этом случае принять столь высокую степень дегазации компактного тела Земли не представляется возможным, см. например [14,15].

Можно допустить существование общего материнского тела астероидов, в котором также проходила дегазация недр, приведшая к понижению концентрации летучих элементов в исходном веществе хондритов. (Ниже, с целью кратости изложения, будем называть это гипотетическое тело Олимпом).

Кроме того, для объяснения высоких значений  $f$ , предположив катастрофу Олимпа, можно допустить, что вещество его недр, находящееся до того при высоких температуре и давлении, попав в космический вакуум, могло частично расплавиться и дополнительно потерять летучие компоненты.

Если принять, что степени дегазации летучих элементов из веществ Земли и Олимпа были равны, то тогда  $K_E = K_{iR} / \sqrt{f}$ . Отсюда  $K_E$  для N, O, F, Ne, Cl, Zn, Br, Kr, Cd, I, Xe и Hg будут равны (массовые %  $\times 10^4$ ) 4,  $(11 \div 25) \cdot 10^4$ , 72,  $2 \cdot 10^{-9}$ , 25, 2,  $3 \cdot 10^{-2}$ ,  $1 \cdot 10^{-10}$ ,  $1 \cdot 10^{-2}$ ,  $1 \cdot 10^{-4}$ ,  $1 \cdot 10^{-9}$  и  $4 \cdot 10^{-2}$ , соответственно. (EA для N, O и Hg взяты для хондритов [16], т.к. у Юрия они отсутствуют).

В соответствии с  $\Delta u = 0,36$  интервал возможных оценочных значений  $K_E$  для кратости дан лишь для кислорода.

Отметим, что у кислорода без допущения о существовании Олимпа  $K_E = K_{iR} / f < 10\%$ . Это значение лучше согласуется с предположением [1] о том, что мантия практически полностью состоит из металлов Na, Mg, Al, Si, K, Ca (Fe, в основном, в ядре).

Однако плотности этих металлов и их оксидов равны ( $\text{г} \cdot \text{см}^{-3}$ ) 0,97, 1,74, 2,70, 2,33, 0,86, 1,54 и 2,39, 3,58, 3,70, 2,65, 2,32, 3,37, соответственно, а плотность мантии лежит в интервале  $3,32 \div 5,69 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ . Сопоставление этих данных говорит в пользу более высокого содержания кислорода в Земле.

Вернемся к распределению Pb между хондритами и изверженными породами Земли, см. рис. 1. Из этих данных видно, что указанные распределения Pb и U(Th) отражают их генетическую связь, что искажает распределение первичного свинца  $\text{Pb}^P$ . Поэтому простая оценка возрастов этих тел по соотношению концентраций изотопов Pb и U(Th) приводит к тому, что у хондритов возраст оказывается больше, чем у Земли. Самая малая разница возрастов Земли и хондритов ( $2 \cdot 10^9$  лет) получается по соотношению концентраций  $^{207}\text{Pb}$  и  $^{235}\text{U}$  (изотопный состав хондритов по метеориту Саратов), т.к. в этом случае доля неучтенного первичного  $^{207}\text{Pb}^P$  является наименьшей из-за относительно малого значения  $T_{1/2}^{235}\text{U}$ .

Согласно (4), для  $\text{Pb}^P$   $K_{ch}/K_{iR} = 6,9$ . Учитывая это отношение и принимая равенство возрастов этих тел, оценим (по соотношению концентраций  $^{207}\text{Pb}$  и  $^{235}\text{U}$ ) значение их общего возраста. Оно оказывается равным  $5,2 \cdot 10^9$  лет. При этом не учтено относительно малое количество  $^{207}\text{Pb}^P$ , возможно, привнесенное в земные изверженные породы (или потерянное исходным веществом хондритов за время существования Олимпа) при дегазации недр планеты. Соответствующие оценки по  $^{208}\text{Pb}$  и  $^{238}\text{U}$  (в данном случае соответствующая доля неучтенных первичных атомов  $^{208}\text{Pb}^P$  и  $^{238}\text{U}^P$  значительно больше) дают действительно завышенные значения возраста, равные  $5,4 \cdot 10^9$  лет и  $1,1 \cdot 10^{10}$  лет, соответственно. Следовательно, и  $5,2 \cdot 10^9$  лет следует рассматривать как верхний предел возраста Земли и хондритов, который согласуется с общепринятым значением их возраста -  $4,55 \cdot 10^9$  лет [17]. Такое согласие показывает, что в первом приближении (4) достаточно хорошо описывает процесс распределения элементов в протопланетном облаке между хондритами и Землей.

Поэтому, имея такую же количественную зависимость в общем

виде (5), целесообразно вернуться к вопросу о происхождении Луны [2]. Этот вопрос не нов, см., например, [18]. Однако в работе [2] впервые с помощью Периодического закона показано, что в целом химический состав Луны отличается от земного, т.е. отношение концентраций  $K_1/K_2$ , см. выше, для большого числа пар элементов-химических аналогов в лунном грунте выше, чем в Земле.

В качестве дополнительного подтверждения вывода о том, что Луна - пленница Земли, приведем данные о распространенности редкоземельных элементов, РЗЭ, в Земле, Луне и хондритах. В работе [19] показано, что в хондритах на фоне того, что все РЗЭ (кроме Eu) имеют одинаковые относительные концентрации в их разных фракциях (т.е. РЗЭ не разделяются), существует аномалия концентрации Nd в некоторых минералах. Принято, что эта аномалия, вероятно, связана со спонтанным делением  $^{244}\text{Pu}$ , который был сконцентрирован, в отличие от U, в этих фракциях.

Во-первых, факт разделения Pu и U, а также Eu и РЗЭ для своего объяснения требует хотя бы разрушения их нелетучих оксидов, что может произойти только при дефиците кислорода в массивном материнском теле, имеющем высокую температуру недр и избыток водорода и свободных металлов, т.е. в недрах Олимпа.

Во-вторых,  $^{244}\text{Pu}$ , при  $T_{1/2} = 8,26 \cdot 10^7$  лет, см. выше, по всей вероятности, в основном спонтанно разделился после завершения процессов сепарации элементов в протопланетном облаке и в теле Олимпа.

Помимо упомянутой выше аномалии можно отметить подобные аномалии у La, Pr, Ce и Nd (выход которых при спонтанном делении тяжелых ядер высок) в разных породах Земли, Луны и хондритов. Известно, что у четных РЗЭ EA несколько больше, чем у нечетных. Но в каждом случае их EA плавно убывает с ростом порядкового номера элемента. Однако, La, Pr, Ce, и Nd имеют EA, которые превышают средние значения EA нечетных и четных более тяжелых РЗЭ, соответственно. Сравним упомянутый избыток La, Pr, Ce и Nd в хондритах, Луне и Земле. Подчеркнем, что раз возникший избыток этих РЗЭ не должен исчезнуть, т.к. они слабо разделяются в процессах метаморфизации пород.

Луна, будь она вечным спутником Земли, имела бы равный земному упомянутый выше избыток La, Pr, Ce и Nd.

Отношения EA La, Pr, Ce, и Nd к средним значениям EA нечетных РЗЭ (Eu-Lu) и четных (Sm-Yb), в хондритах [8], Луне [16] (средние значения этого отношения для Apollo-11 и Луна-16) и изверженных

пород Земли [3] равны 4,4, 2,1, 1,3, и 1,8;  $6,9 \pm 0,5$ ,  $4,4 \pm 0,4$ ,  $3,6 \pm 0,5$ ,  $3,1 \pm 0,5$  и 39, 11, 15 и 7, соответственно. Отметим, что и для других земных пород (гранит, основные породы, глины, песчаник, сланцы и карбонатные) указанные отношения также велики.

Согласно (5), из приведенных выше данных вытекает, что Луна образовалась не на земной орбите, а на орбите, имеющей средний радиус,  $R_L$ , значительно больший  $R_E$ .

С целью оценки приближенного значения  $R_L$  примем, что в рассматриваемой области Солнечной системы в (5)  $A = \text{const}$ , а  $B = k \cdot \ln(R^{11})^2 / (R^1)^2$  где  $k = \text{const}$ , и для всех ТУЭ  $N_0 = \text{const}$ . Тогда, имея три тела, получим свободные от констант соотношения:  $K_{\text{CH}}/K_L = R_L^2/R_{\text{Pa}}^2$  (6) и  $K_L/K_E = R_E^2/R_L^2$  (7). Подставляя в них указанные выше соответствующие относительные концентрации La, Pr, Ce и Nd, вычислим диапазон значений  $R_L$ . Согласно (6) и (7),  $R_L = (1,6 \pm 2,3)$  а.е. и  $R_L = (1,4 \pm 2,5)$  а.е., соответственно. Эти результаты согласуются с выводами работ [2,18] об образовании Луны на неземной орбите.

Следовательно, (5) определяет количественно (в первом приближении) связь между распределением химических элементов в данной области Солнечной системы и их физико-химическими свойствами.

В соответствии с (5), распределение атомов для элементов с большим  $N_0$  происходит в пользу более удаленных от Солнца тел. Например, для C ( $N_0 \approx 0,21$ ) и Si ( $N_0 = 0,18$ ) отношения их  $K_1/K_2$  у Земли и пыли кометы Галлея [20] равны  $7 \cdot 10^{-4}$  и 13, соответственно.

Если считать, что комета Галлея образовалась на периферии Солнечной системы (облако комет, открытое Я.Ортом, имеет  $R_K \approx n \cdot 10^4$  а.е.), то из этих данных видно, что (5) также отражает распределение химических элементов во всей Солнечной системе с точностью до значений A и k.

В итоге подчеркнем, что Периодический Закон и учет физико-химических свойств элементов позволили на имеющихся экспериментальных данных показать, что предсказанное [1] разделение элементов в протопланетном облаке, а, следовательно, и дефицит кислорода ( $N_0 = 0,22$ ) в веществе планет земного типа, являются объективной реальностью.

Найденная закономерность, видимо, позволит по-новому взглянуть на причины многих событий, произошедших на поверхности Земли. Например, на образование около  $60 \cdot 10^6$  лет тому назад слоя осадочных пород, обогащенных Ir, или на природу тунгусского

события, а также на процессы в недрах земли, в частности, на землетрясения.

Некоторые следствия, вытекающие из дефицита кислорода в планетах земного типа

I. Если для кислорода  $K_E \leq 25\%$ , см. выше, а не  $\sim 30\%$ , как принято на основе хондритного постулата, то очевидно, что породы на поверхности молодой Земли и в мантии должны были содержать "силикаты" и "свободные" металлы. Слова в кавычках надо рассматривать как простые и сложные формы элементов, содержащие кислород (и др. металлоиды) и не содержащие его.

Следовательно,  $H_2O$ , а также  $SO_2$ ,  $HCl$  и т.п. соединения, отдающие свой кислород или другой металлоид при контакте с активными металлами, не могли получить широкого распространения на Земле до образования инертных по отношению к ним полностью "силикатных" пород коры и какой-то части мантии.

A. На поверхности Земли  $H_2O$  все же должна была еще до этого появиться из космоса вместе с веществом хондритов (особенно углистых) и комет, которое и сейчас привносится на поверхность нашей планеты, см., например, [21]. В итоге эта космическая  $H_2O$  могла создать себе инертное ложе быстрее, чем сформировалась силикатная кора.

Космическая вода, реагируя со свободными макроэлементами Na, Mg, Al, Si, K, Ca и Fe, переосаждая одни и растворяя другие, должна была превратиться в щелочной раствор, содержащий Na, K и частично Al, Si и Fe. В то же время Mg и Ca, нерастворимые ( $< 10^{-5}$  моль  $\cdot$  л $^{-1}$ ) в щелочах, стали бы пополнять донные отложения, т.е. участвовать в создании ложа водоемов, вещество которого инертно по отношению к  $H_2O$ .

Отметим, что в космической воде, например, щелочные металлы, имеющие малые значения  $N_0$ , согласно (5), должны быть более слабо представлены, чем в Земле. Поэтому Na и K, содержащиеся в океанической воде, очевидно, имеют, в основном, земное происхождение, попав в океан с флюидами из недр Земли.

Сравним значения отношений концентраций элементов-химических аналогов Na и K,  $K_1/K_2$ , в океанической воде, геотермальных рассолах и изверженных породах, которые равны 25, 100 и 1, соответственно. Отсюда видно, что океаническая вода имеет в 25 раз большее значение  $K_1/K_2$  по отношению к литосфере и более низкий

минеральный состав по сравнению с рассолами. Наиболее вероятное объяснение этих данных - это, предполагаемое выше, более раннее образование океана по сравнению с образованием коры и началом поступления флюидов, содержащих  $H_2O$ , из недр Земли на поверхность.

С появлением на поверхности Земли собственных  $H_2O$ ,  $HCl$ ,  $SO_2$ ,  $CO_2$  и т.п. соединений должно было происходить подкисление океанической воды.

Из химии известно, что при  $pH < 14$  начинается постепенное осаждение Al, Si и Fe. Следовательно, в первую очередь в местах разгрузки мантийных кислых флюидов должны были интенсивно отлагаться осадки. Оценка показывает, что из океанической воды современного состава очень мощный слой осадков, например, 18 км [22], мог бы сформироваться лишь за  $10^{12}$  лет. Поэтому нельзя исключить, что дополнительный вклад в осадкообразование вносили летучие соединения металлов, например, гидриды, которые могли присутствовать вместе с  $H_2O$  в кислых флюидах при наличии дефицита кислорода в мантии.

Отметим, что твердая фаза, выпадающая непосредственно из разбавленного раствора, обычно отличается высокой дисперсностью и большим количеством микропримесей. Этим как раз характеризуются мощные толщи осадков [23] в рифтовых зонах.

Например, в работе [24] показано, что вокруг гидротерм на дне океана редкоземельные элементы как бы откачиваются из океанической воды. Очевидно, что летучие соединения металлов во флюидах, участвующих в формировании термальных рассолов, гидролизуются и образуют в них мелкодисперсную фазу, которая и сорбирует на себе микроэлементы из окружающей среды.

При дальнейшем уменьшении  $pH$  "молодой" океанической воды Mg и Ca должны были переходить в растворенное состояние. Если  $Mg(OH)_2$  и  $Ca(OH)_2$  становятся полностью растворимыми при значениях  $pH$ , приблизительно равных 10,4+9,4, то, имея в настоящее время в океанической воде  $pH=8$ , логично предположить, что Mg и Ca накопились в ней в современных количествах сравнительно недавно.

В этой связи упомянем, что в океане вначале возникла безпозвоночная фауна, и лишь  $\sim 6 \cdot 10^8$  лет назад [25] в нем появились позвоночные организмы, нуждающиеся в большем количестве Ca.

В пользу предполагаемого выше процесса возникновения океанической воды можно привести факты, отмеченные в работе [2], - это обогащение океана легкими изотопами некоторых элементов (кроме водорода) по сравнению с земными объектами, а также обогащение



океанической воды элементами с высоким значением  $N_o$  (иногда не только по сравнению с рассолами и изверженными породами, см. табл. 3, но и по сравнению с хондритами). Кроме этих фактов на кометное происхождение части океанической воды указывают результаты работы [26], в которой определено, что изотопный состав элементов в  $H_2O$  кометы Галей близок к соответствующим значениям в океанической воде.

Отметим, что эти данные по изотопному составу микроэлементов в земных и космических объектах, вероятно, говорят о существовании обратно пропорциональной зависимости в уравнении (5) от массы корпускул.

Б. Очевидно, мантия при большом дефиците кислорода должна иметь более неоднородный химический состав, чем это обычно принято считать. Наряду со сложными оксидами в ней должны существовать высшие и низшие простые оксиды, а также свободные металлы. При этом, учитывая высокую температуру мантии (например, на границе с ядром в мантии допускается [27], что  $T = 3800$  К) и присутствие  $H_2$  в ядре, который в некоторых зонах как бы продувает вещество мантии, имеющее дефицит кислорода [1], можно предположить возникновение условий для деструкции даже некоторых устойчивых оксидов. Очевидно, в зависимости от устойчивости оксида у него будет своя критическая глубина, начиная с которой он может испытывать деструкцию при соответствующих условиях.

Поэтому шесть макрометаллов Na, Mg, Al, Si, K и Ca можно назвать мантийными металлами, т.к. они в свободном состоянии не могут покинуть мантию. Их тяжелые оксиды должны тонуть, а легкие металлы всплывать и окисляться, т.е. получается замкнутый круг.

У седьмого макроэлемента, Fe, плотность больше, чем у его оксида, поэтому металлическое Fe и микроэлементы с подобными свойствами, выделившись из оксида, не могут испытывать действия выталкивающей силы, а поэтому, в принципе, должны обогащать ядро Земли (планеты).

Однако все элементы в виде устойчивых летучих форм могут частично покидать мантию (а, возможно, и ядро). Например, U, как считается, в литосфере распространен больше, чем в мантии, хотя он и является тяжелым элементом. Но U имеет несколько летучих соединений: галогениды и гидриды, в виде которых он мог бы возгоняться из недр.

Легкоплавкие мантийные металлы при мантийных температурах (в несколько раз превосходящих их  $T_{пл}$ ), вероятно, будут

псевдожидкими. Они по сравнению с тугоплавкими оксидами, скорее всего, должны быть более текучими и иметь относительно низкие скорости пропускания сейсмических волн. Кроме сил выталкивания они более чутко должны реагировать и на силы, возникающие в любом другом направлении. Например, силы, рождающиеся при участии тектонических волн Земли [28] или континентальной коры, деформирующейся под действием погружающейся под нее океанической коры (субдукции).

Следует учитывать и силы, возникающие из-за того, что всплывающие атомы металлов сохраняют свой меньший момент количества движения относительно оси вращения Земли. При этом должны возникать явления, связанные с движением проводника поперек магнитных силовых линий Земли [28].

Очевидно, что химическая неоднородность мантии может быть причиной конвекции вещества в ней. К сожалению, нам не известна теория конвекции мантийного вещества, основанная на учете химически неоднородного состава мантии и химических превращений в нем.

В этой связи наибольший интерес представляет модель [29] глобальных геодинамических процессов, учитывающая сейсмотомографические [30] и гравиметрические [31] данные о физической неоднородности вещества мантии. Очевидно, что эти данные в какой-то мере отражают химическую неоднородность мантийного вещества.

С помощью сейсмической томографии и гравиметрии в мантии действительно обнаружено существование двух веществ. Одного - тяжелого, "холодного", с относительно высокой сейсмопроводностью и другого - легкого, "разогретого", с относительно низкой скоростью пропускания сейсмических волн, см., например, [32].

Такое "разогретое" вещество в южных частях Тихого и Индийского океанов расположено почти по всей глубине мантии вплоть до 2900 км. Это более легкое вещество занимает приблизительно половину мантии и фиксируется в разных регионах и на разных глубинах, например, равных (км) 150, 350, 550, 1300, 2300 и 2750. Следовательно, получается, что одна половина мантии горячее другой, и поэтому ее вещество легче.

Необходимость поиска источника энергии для сильного дополнительного нагрева большой массы материи отпадает, если принять, что этим веществом являются свободные мантийные металлы, которые не надо дополнительно нагревать, чтобы они стали легкими и имели низкую скорость пропускания сейсмических волн, см. выше.

Если это свободные металлы, и располагаются они слоями, то этим можно объяснить обогащение литосферы щелочным элементом К. И действительно, он самый легкий из шести мантийных металлов ( $0,86 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$ ), и его оксид самый неустойчивый, т.е. К, в основном, должен находиться в самом близком к литосфере, мантийном слое, поэтому он относительно легко мог быть захвачен при формировании коры.

Легкое вещество обнаружено (ниже будем его называть свободными металлами) также под зоной разрастания коры (спрединг) [32]. Известно, что зоны спрединга отличаются самым высоким тепловым потоком через единицу площади их поверхности. Увеличение объема и выделение необходимого количества тепла могут происходить, например, при деструкции гидридов металлов, поступающих из недр.

II. Упомянутые выше глобальные процессы (конвекция и др.) являются медленными, почти равновесными и, несмотря на свои гигантские масштабы, протекающими относительно спокойно. Однако, на Земле есть более бурные явления: вулканизм, землетрясение, магмообразование и т.п., которые являются относительно кратковременными, и поэтому энергетически более мощными. Возможно, те и другие явления имеют один и тот же источник энергии - это накопление и окисление активных металлов. Но в последнем случае указанные химические процессы должны протекать значительно быстрее.

Напомним, что окисление одного моля активного мантийного металла (даже за счет контакта с  $\text{H}_2\text{O}$ ) может привести к плавлению до нескольких десятков молей окружающих пород. А скорость окисления-горения металлов зависит от скорости поступления окислителя.

А. Подача кислородсодержащих веществ к мантийным металлам может происходить относительно быстро при аномальной деформации силикатной литосферы: рифты, субдукция, глубоководные желоба и т.п.

И действительно, в этих зонах тяжелые силикатные породы погружаются в легкое вещество - свободные мантийные металлы - на большие глубины (350-700 км). При этом фиксируется сейсмофокальные зоны на соответствующих глубинах [32].

Например, в прецизионной работе [33] наглядно показано, что в субдукционной зоне Тонг (Тихий океан) океаническая кора при

погружении в мантию, достигая зоны легкого вещества - свободных металлов, - резко меняет свою форму и угол погружения. Отчетливо видно, что океаническая тяжелая кора как бы проваливается в менее вязкое легкое вещество. Очевидно, в зоне контакта возникает химическое взаимодействие химически активных по отношению друг к другу субстанций. Это подтверждается глубинным положением сейсмофокальных зон.

Б. Возможна подача и самих металлов к кислородсодержащим породам. Следы таких процессов обнаружены в природе в виде самородных металлов, например, Fe, Al, Mg и др. [34-36]. Выделение таких металлов предполагается по реакции, равновесие которой при понижении T смещается вправо:



Очевидно, что из MgO, согласно термодинамике, получить соединение Mg с углеводородом не представляется возможным. Следовательно, эта схема образования самородного активного металла может работать лишь при избытке  $\text{H}_2$  [37], дефиците кислорода, а также при наличии свободных металлов в мантии (ядре) [1].

Например, в работе [38] с помощью моделирования показано, что такое явление как смещение положения магнитных полюсов Земли объясняется лишь скоплением Fe (и др. металлов) в некоторых местах мантии. Это может произойти, как говорилось выше, лишь за счет лифта летучих гидридов Fe.

Безусловно, что для синтеза углеводородов и их соединений с металлами необходим лифт металлов из глубин мантии, который может происходить в виде устойчивых при высоких температурах гидридов металлов [39]. В верхних геосферах, при наличии свободных металлов с каталитическими свойствами, можно рассчитывать ни протекание каталитического синтеза [40] не только простых углеводородов, но и других, даже весьма сложных, органических соединений, см. ниже III. Очевидно, что процессы, связанные с лифтом летучих соединений металлов, распространены в Земле гораздо шире, чем это принято обычно считать.

В. В свете поведения металлов в теле Земли состав железных метеоритов, если их считать фрагментами Олимпа, представляет определенный интерес. В этой связи следует подчеркнуть, что мантийные металлы, которые в принципе не могут внедриться в ядро Земли, практически отсутствуют и в космическом Fe.

Относительная распространенность (в сравнении с другими метеоритами) всех элементов в железных метеоритах имеет обратную

корреляцию с устойчивостью и летучестью гидридов и других летучих форм элементов. В качестве примера можно сравнить свойства и распространенность Pb и U в железных метеоритах по сравнению с другими металлами, не имеющими летучих форм.

Упомянутые особенности элементного состава железных метеоритов, как и упомянутые ранее процессы разделения элементов в хондритах, не могли возникнуть при непосредственном образовании малых тел (астероидов) в протопланетном облаке, т.к. разделение элементов может осуществиться лишь в массивном теле.

Однако в этом случае необходимо объяснить, почему при наличии силикатных хондритов и железных метеоритов отсутствуют в природе космические тела, состоящие из свободных мантийных металлов. Такие металлические тела должны были бы присутствовать в поясе астероидов в качестве фрагментов химически неоднородной мантии Олимпа, т.к. согласно выше сказанному, в исходном веществе этого пояса весьма вероятен дефицит кислорода.

Искать такую материю среди метеоритов мало перспективно из-за кислородного барьера, которым является для активных металлов атмосфера Земли. И, действительно, среди захваченных полем тяготения Земли тел и частиц встречаются такие, которые в отличие от метеоритов и метеоритной пыли по непонятным причинам полностью "разрушаются" в атмосфере.

Например, среди метеоров, исчезающих бесследно, есть такие, у которых относительные концентрации металлов такие же, как и у хондритов [2], долетающих до Земли, что указывает на их образование на общей исходной орбите.

Среди мелкодисперсных частиц обнаружены странные частицы (широко распространенные), которые также полностью "разрушаются" на аномально больших высотах (до 111 км.), т.е. там, где еще отсутствуют аэродинамические условия, необходимые для механической или тепловой деструкции химически инертного вещества. Считается [41], что эти частицы состоят из рыхлого органического вещества. Но их исчезновение, как и исчезновение упомянутых метеоров, можно объяснить тем, что они состоят из мантийных металлов, которые сгорают при контакте с кислородом атмосферы. И в таком случае существование общего материнского тела всех астероидов - Олимпа - получило бы еще одно подтверждение.

Г. Лифт Fe и подобных ему микрометаллов из мантии может быть интересен как причина возникновения полезных ископаемых. Однако при лифте более активных макрометаллов: Na, Mg, Al, Si, K и Ca

наиболее интересен сам процесс их накопления и окисления, т.к. он может протекать значительно быстрее, чем у менее активных металлов. Поэтому выделение огромного количества тепла, газообразных продуктов и значительные объемные пертурбации в этом случае могут иметь более ощутимые последствия в виде сейсмических явлений.

Реакции окисления (горения) активных макрометаллов имеют энергетический барьер, к тому же процесс накопления металлов может происходить в условиях дефицита окислителя. Поэтому возникновение больших масс самородных активных металлов на значительных пространствах, приуроченных к разломам земных оболочек, является весьма реальным. Отсюда кажется не праздным вопрос о связи процессов лифта металлов с сейсмическими явлениями, которые, как и лифт металлов, приурочены к зонам нарушения земных оболочек.

Помимо этого совпадения просматривается также параллель между широким набором режимов сейсмической активности и разнообразием химических свойств активных металлов и условий их накопления и окисления (горения). Например, до сих пор нет объяснения большому набору глубин очагов магмообразования и фокальных зон землетрясений (до 680 км. [42]), разновидностей вулканов - от эруптивных (взрывных) до эффузивных (спокойно изливающих лаву), связи магмообразования с землетрясениями и т.п. явлениями.

Увеличение электропроводности пород и изменение геомагнитного поля перед землетрясениями также может быть обусловлено накоплением металлов, в том числе Fe, в местах будущих землетрясений.

Все эти факты можно объяснить поведением активных мантийных металлов.

Не задаваясь целью объяснить все загадки сейсмических явлений, попытаемся рассмотреть некоторые результаты исследований предшественников землетрясений (как наиболее распространенных и изученных сейсмических явлений) с точки зрения накопления и возгорания активных металлов.

В работе [43] показано, что в глубинных газах, выделяющихся в зонах будущего землетрясения, концентрация инертных газов (Ne, Ar) в разной степени возрастает со временем, а содержание углеводорода,  $C_2H_6$ , при этом уменьшается, что согласуется с приведенной выше схемой образования самородных активных металлов, при которой выделяются  $C_2H_6$  и тепло. После накопления свободного активного(ых) металла(ов) и его постепенного разогрева, рано или

поздно возникают условия для запуска механизма его "возгорания", последствиями которого и являются разные сейсмические явления, в том числе и землетрясения.

Например, из результатов работы [44] видно, что скорость роста количества выделяемого перед землетрясением тепла сохраняет свое значение и после завершения толчка, т.е. прямая связь источника тепла и упругого взаимодействия пород между собой отсутствует. По-видимому, существуют и прямые доказательства отсутствия жесткой связи между направлением разрыва коры при внутривулканических землетрясениях и направлением тектонических сил в данном регионе, см., например, сообщение [45].

В работе [46] изучались метеорологические явления, возникающие перед всеми сильными землетрясениями Туркмении и Узбекистана. Было показано, что среднемесячные значения влажности воздуха, числа туманов, количества атмосферных осадков и облаков уменьшаются (иногда в течение нескольких лет), достигая очень низких уровней, а в то же время  $T$  воздуха растет по отношению к среднегодовым значениям. Подчеркнем, что все эффекты фиксировались вдоль разломов коры и были максимальны в эпицентрах будущих землетрясений.

Отметим, что все обнаруженные эффекты также не прекращались резко после завершения землетрясений. Следовательно, и эти данные указывают на то, что основные источники энергии землетрясений непосредственно не связаны с процессом механического взаимодействия пород.

С возгоранием металлов как причиной землетрясений согласуются также данные об изменении уровня подземных и других природных вод [43] перед землетрясением. Причиной этого явления может быть непосредственное взаимодействие металлов с  $H_2O$  (уменьшающее уровень воды). На увеличение уровня разных вод могут оказывать влияние газы, выделяющиеся при разложении  $H_2O$  и в результате дегазации нагрываемых пород.

Представляет интерес поведение радиоактивных элементов Ra и Rn в процессе землетрясений. В работе [43] показано, что содержание Ra в подземных водах перед землетрясением в начале падало, а затем начинало расти. При этом рост концентрации Ra и после толчка продолжался несколько дней. Такое поведение Ra можно объяснить вначале появлением в воде компонентов (поступающих с флюидами), которые способствуют соосаждению Ra с нерастворимыми (например,  $BaSO_4$ ) осадками, а затем горением металлов и выделением тепла, которое повышало растворимость Ra.

На этом фоне концентрация Rn в атмосфере почв изменялась симбатно с концентрацией Ra. Однако перед толчком эманирование Rn, которое более чутко реагирует на увеличение  $T$ , практически мгновенно возросло вдвое и после землетрясения продолжало некоторое время оставаться высоким.

Чтобы объяснить такой скачок эманирующей способности Rn, необходимо предположить резкий скачок  $T$  данной системы. Из результатов этой работы видно, что необходимая для этого скорость выделения тепла могла реализоваться только в процессе, похожем на горение.

Отсюда видно, что связь землетрясений с самородными активными металлами объясняет многие явления, предшествующие этим (видимо, и другим) сейсмическим явлениям.

С другой стороны, отсутствие (или очень низкий процент) удачных предсказаний сильных землетрясений, несмотря на длительное и успешное развитие сейсмологии, настораживает. Этот парадокс можно объяснить тем, что современная сейсмология до сих пор эксплуатирует устаревший хондритный постулат, игнорируя выдвинутую еще в 1980 г. [1] гипотезу, о которой речь велась выше.

Желая хоть в какой-то мере ускорить разгадку этого (ужасного) парадокса, в настоящей работе обращается внимание на данную проблему с точки зрения Периодического закона, которому подчиняются химические свойства элементов, а, следовательно, и строение небесных тел, см. рис.1.

III. Д.И. Менделеев после открытия Периодического закона, видимо, рассматривая в его свете имеющиеся скудные данные об элементных составах живых организмов и нефтей, пришел к выводу, что нефть имеет неорганическое происхождение. У этой точки зрения есть много сторонников (и противников).

Кроме того, накапливается все больше доказательств о широком распространении в недрах Земли углеводородов, см., например, [47, 48], и данных элементных анализов разных природных объектов, в том числе нефтей [49, 50] и живых организмов [3].

Учитывая сказанное, попытаемся вернуться к вопросу генезиса нефти и с этой целью сравним (т.е. пойдем по стопам открывателя Периодического закона) составы изверженных пород, IR, термальных вод Челекена, TW, океанической воды, OW, живых организмов моря и суши, MLA, со средним составом нефтей, OIL, см. табл.3.

В табл.3 представлены отношения концентраций элементов -

Таблица 3

Отношение концентраций элементов  $Z_{(1)}$  и  $Z_{(2)}$  ( $N_{0(1)} > N_{0(2)}$ ) в изверженных породах, термальных водах Челекена, океанической воде, в живых организмах суши и моря и нефтях, IR, TW, OW, MLA и OIL, соответственно

$Z_{(1)}/Z_{(2)}$	$(K_1/K_2)_{IR}^{[3]}$	$(K_1/K_2)_{TW}^{[54]}$	$(K_1/K_2)_{OW}^{[8]}$	$(K_1/K_2)_{MLA}^{[3]}$	$(K_1/K_2)_{OIL}^{[49]}$
1	2	3	4	5	6
H/Li	70,0	$1,1 \cdot 10^4$	$6,1 \cdot 10^5$	$4,4 \cdot 10^5$	$7,5 \cdot 10^6$
C/Si	$7,1 \cdot 10^{-4}$	1,2	28,0	$1,4 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^5$
N/P	$1,9 \cdot 10^{-2}$	-	7,2	8,8	42,0
S/O	$5,6 \cdot 10^{-3}$	-	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$	3,7
Hg/Zn	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$7,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	10,5
B/Al	$1,2 \cdot 10^{-4}$	40,0	$9,1 \cdot 10^2$	2,0	5,0
In/Al	$1,2 \cdot 10^{-6}$	-	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$
Ge/Pb	0,43	-	2,0	0,3	2,0
As/Sb	10,0	-	10,0	5,0	11,4
V/Ta	67,5	10,0**	75,0	$1,0 \cdot 10^2$	$\sim 4,0 \cdot 10^5$
Cr/W	66,7	-	5,0	60,0	$5,0 \cdot 10^3$
I/Cl	$3,0 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-6}$	$6,3 \cdot 10^{-4}$	0,11
Re/Mn	$5,0 \cdot 10^{-6}$	-	-	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$
Ni/Fe	$1,3 \cdot 10^{-3}$	-	0,6	$2,0 \cdot 10^{-2}$	46,0
Ni/Pt	$1,5 \cdot 10^4$	-	-	$1,0 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^6$
Au/Cu	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$ *	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$
Na/Rb	$2,6 \cdot 10^2$	$9,0 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^5$	$5,5 \cdot 10^4$	32,0
K/Cs	$2,1 \cdot 10^4$	$3,4 \cdot 10^3$	$8,3 \cdot 10^5$	$5,6 \cdot 10^4$	$3,1 \cdot 10^2$
Mg/Be	$8,3 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^5$ **	$2,2 \cdot 10^9$	$7,5 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^4$
Mg/Sr	62,1	5,0	$1,6 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^2$	19,3
Ca/Ba	97,7	$1,0 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^4$	$7,0 \cdot 10^3$	60,3
Tl/Ga	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$n \cdot 10^{-2}$ **	0,30	0,17	$1,0 \cdot 10^{-3}$
Y/La	1,10	-	$3,0 \cdot 10^2$	-	$\sim 1,7 \cdot 10^{-4}$
Sn/Si	$7,1 \cdot 10^{-6}$	-	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^3$	$9,1 \cdot 10^6$
Ti/Zr	34,0	-	40,0	10,0	0,32
P/Sb	$5,5 \cdot 10^3$	-	$3,5 \cdot 10^2$	$5,2 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^2$
Se/Te	50,0	-	$\sim 1,0$	$1,0 \cdot 10^2$	48,3

\* - концентрации Hg и Au взяты из работы [55]

\*\* - по отношению концентраций элементов на анноните, экспонированном на рассолах Челекена [56].

химических аналогов -  $K_1/K_2$  (о свойствах этого отношения, см. выше).

Основная часть 27 пар сравниваемых элементов обладает вторичной периодичностью химических свойств [51], поэтому в любых процессах метаморфизации живого вещества, проходящих после его отмирания, значения  $(K_1/K_2)_{MLA}$  будут слабо изменяться (так же, как и у неживой материи, см. выше).

В данном случае элементы  $Z_{(1)}$  и  $Z_{(2)}$ , представленные в табл.3, имеют значения  $N_{0(1)} > N_{0(2)}$ , поэтому согласно (5) отношение  $K_1/K_2$  должно возрастать в веществе по мере удаления его места аккреции от Солнца.

И действительно, из данных табл.3 видно, что  $(K_1/K_2)_{OW}$  (за счет космического вещества) всегда больше, чем  $(K_1/K_2)_{IR}$  и даже  $(K_1/K_2)_{TW}$ , что согласуется со сказанным выше о возникновении океанической воды. Кроме того, обнаруживается, что  $(K_1/K_2)_{MLA} \approx (K_1/K_2)_{OW}$  см. табл.3. Возможно, это означает, что жизнь зародилась в космосе и из него привнесена в океан.

В литературе и раньше, см. например [52], обращалось внимание на тот факт, что коэффициенты обогащения живых организмов (в частности, волос человека) некоторыми элементами коррелируют с их  $L_1$ . Такой факт и данные табл.3 согласуются между собой и указывают на эволюцию жизни в среде внешних геосфер, богатой космическим веществом. Не задаваясь целью однозначно ответить на вопрос, где же зародилась жизнь, в космосе или в океане, отметим лишь, что для живых организмов значения отношений  $K_1/K_2$  являются относительно постоянными и принципиально важными, т.к. весь генетический аппарат, призванный воспроизводить себе подобных, был приспособлен к тем отношениям концентраций элементов - химических аналогов, которые были в среде их существования.

Общеизвестно, например, что нарушение равновесия Na и K в крови приводит к нарушению работы сердца и других функций организма человека. Так же нарушение соотношения щелочноземельных элементов Mg-Ca-Sr в организме чревато болезнью суставов и костной ткани. Видимо, многие болезни и гибель живого организма из-за них каким-то образом связаны с нарушением  $K_1/K_2$  у определенных жизненно важных пар химических аналогов. Во всяком случае, значения  $K_1/K_2$ , приведенные в табл.3 для MLA, можно считать наиболее общей и неизменной характеристикой живого вещества. И если бы нефть образовалась из отмерших живых организмов, то она имела бы  $(K_1/K_2)_{OIL} \approx (K_1/K_2)_{MLA}$ .

В табл.3 все пары сравниваемых элементов разбиты на три части.

В первой части представлены (в числителе) элементы, составляющие основную массу нефтей. Их относительные концентрации (по сравнению с концентрацией их ближайших химических аналогов) выше, чем в живых организмах. Объяснить это превышение за счет потери  $H_2O$  или других летучих компонент в процессе метаморфизма живой материи в нефть не представляется возможным, т.к. указанное превышение колеблется от 4,8 до  $8,6 \cdot 10^2$ . В данном случае объяснить неравенство  $(K_1/K_2)_{OIL} > (K_1/K_2)_{MLA}$  можно, предположив, что нефть возникла в другой среде, нежели живые организмы, т.е. в контакте с летучими компонентами, а MLA - в контакте с космическим веществом.

Вторая часть элементов является более представительной. Здесь В, As, Ge, I и Hg, которые известны как элементы (по сравнению со своими аналогами), более способные образовывать всевозможные органические соединения и комплексы. Например, В в отличие от Al, образует бораны, которые легко соединяются с углеводородами [53].

В эту часть входят и переходные элементы, обладающие каталитическими свойствами в большей степени, чем их аналоги. Все эти элементы (по сравнению со своими аналогами) обогащают нефть, а в живых организмах такого высокого обогащения этими элементами не наблюдается, хотя и сохраняется приблизительное равенство  $(K_1/K_2)_{MLA} \approx (K_1/K_2)_{OW}$ , что говорит о сохранении уровня присутствия космической составляющей в живых организмах.

Третья часть элементов отличается тем, что у них  $(K_1/K_2)_{OIL} \ll (K_1/K_2)_{MLA}$ . Это однозначно подтверждает отсутствие космической компоненты в нефтях. В то же время у живых организмов в этом случае так же сохраняется соотношение  $(K_1/K_2)_{MLA} \approx (K_1/K_2)_{OW}$ . Если бы при образовании нефти из вещества живых организмов происходила потеря Na, K, Mg, Ca, I, Tl, Y, Sn, Ti, P и Se, то вмещающие нефть породы должны бы быть обогащены ими. Однако повышенные концентрации этих элементов во вмещающих породах нефтяных залежей пока не известно.

Всю совокупность данных, представленных в табл.3, исходя из сказанного выше об элементном составе Земли и его следствиях, можно объяснить лишь возникновением основной массы нефти в процессе неорганического синтеза, который возможен лишь при дефиците кислорода в недрах Земли. Отсюда видно, что предвидение Д.И. Менделеева было верно.

При этом отметим, что из подобных данных, имеющих для

углей, сделать однозначный вывод о преимущественно неорганическом их происхождении пока не представляется возможным, и требуется дополнительное изучение этого вопроса.

\* \* \*

В настоящей работе предприняты попытки найти механизм и подтвердить реальность гипотетических процессов дифференциации вещества в протопланетном облаке [1] с помощью нового подхода к анализу элементных составов некоторых объектов Солнечной системы в свете Периодического закона и обнаружить их проявления в природе.

I. Получено аналитическое выражение зависимости отношения концентраций элементов в телах Солнечной системы от физико-химических свойств самих элементов. С помощью этого уравнения выполнены оценки некоторых существенных параметров рассматриваемых тел:

а) с учетом дегазации недр Земли оценена концентрация летучих элементов в исходном веществе Земли, в частности, для кислорода она лежит в интервале  $11 \div 25$  массовых процентов;

б) с учетом распределения первичного (нерадиогенного) свинца между хондритами и Землей оценен верхний предел возраста этих тел, который не превышает  $5,2 \cdot 10^9$  лет;

в) с учетом отношений концентраций La, Pr и Ce, Nd в хондритах, Луне и Земле к средним концентрациям в них более тяжелых нечетных (Eu - Lu) и четных (Sm - Yb) лантаноидов, соответственно, оценены значения среднего радиуса орбиты, на которой должна была произойти аккреция вещества лунного состава,  $R_L = (1,4 \div 2,5)$  а.е., что значительно превосходит соответствующую величину для Земли,  $R_E = 1,0$  а.е.

II. Исходя из того, что концентрация кислорода в исходном веществе Земли лежит в интервале  $(11 \div 25)\%$ , гравиметрические и сейсмотомографические неоднородности в мантии, а также причины явлений спрединга, субдукции, конвекции, сейсмичности (в том числе землетрясений) и магмообразования объясняются дефицитом кислорода и присутствием в веществе мантии избытка водорода и активных металлов (Na, Mg, Al, Si, K, Ca и Fe), не связанных в оксиды, и их химическим поведением.

Показано, что разделение элементов - химических аналогов (например, U, Pu и PЗЭ) между фракциями полностью оксидного вещества каменных метеоритов и практически полную потерю некоторых нелетучих элементов (например, U и PЗЭ) железными метеоритами нельзя объяснить, если не предположить существование их общего материнского тела, вещество которого, как и Земля, имело дефицит кислорода и избыток водорода и металлов.

III. Новый подход к анализу составов океанической воды и живых организмов, с одной стороны, а также изверженных пород, гидротерм и нефтей, с другой, - позволил обнаружить резкое различие между ними. Если первые в большой степени обогащены отличающимся по относительному элементному составу космическим веществом, поступающим на поверхность Земли, то последние, в особенности нефть, практически не имеют космической составляющей. Кроме того, нефть в избытке содержит летучие (флюидные) и каталитически активные элементы. Учитывая сепарацию элементов в Солнечной системе, указанные различия нефти и организмов можно объяснить лишь тем, что нефть синтезируется неорганическим путем из продуктов дегазации недр Земли, а состав организмов характеризует среду их возникновения, богатую космическим веществом.

В заключение автор выражает глубокую благодарность члену-корреспонденту РАН Ю.Ц.Оганесяну за интерес к работе, Н.И.Орестовой за полезную дискуссию и Э.М.Чубурковой за помощь в работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В.Н.Ларин. Гипотеза изначальной гидридной Земли, М., "Недра", 1980, 216 с.
2. Ю.Т.Чубурков. Сепарация элементов до аккреции вещества планет Солнечной системы в свете Периодического закона. Сообщения ОИЯИ Д12-90-123, Дубна, 1990, 17 с.
3. H.S.M.Bowen. Trace Elements in Biochemistry. New York-London, Academic Press, 1966, 241 p.
4. А.И.Перельман. Геохимия. М.: Высшая школа, 1979, 423 с.
5. J.E.Ross and L.H.Aller. The Chemical Composition of the Sun. Science 26 March 1976, 91 N 4233, p.1223-1229.
6. Справочник. Свойства элементов. Под редакцией М.Е. Дрица, М., Металлургия, 1935, 671 с.
7. Л.В.Гурвич, Г.В.Карачевцев, В.Н.Кондратьев, Ю.А.Лебедев, В.А.Медведев, В.К.Потапов, Ю.С.Ходеев. Энергия разрыва химических связей. Потенциалы ионизации и сродство к электрону, М., "Наука", 1974, 357.
8. Справочник химика. М.: Госхимиздат, под ред. Б.П.Никольского 1963, Т1, 1071 с.
9. Е.К.Казинас, Д.М.Чижиков. Давление и состав пара над оксидами химических элементов, М.: "Наука", 1976, 363 с.
10. D.M.Hunter, R.U.Pepin, T.C.Owen. Planetary Atmospheres. In: Meteorites and the Early Solar System. Editors J.F.Kerridge, The University of Arizona Press, Tucson, 1988.
11. T.M.Esat, R.H.Spear and S.R.Taylor. Isotope Anomalies Induct in Laboratory Distillation, Nature, 1986, 319, p.576-578.
12. T.M.Esat and T.R.Ireland, Chromium Isotopic Anomalies in the Murchison Meteorite. Earth and Planetary Science Letters 1989, 92 p.1-6.
13. R.S.Lewis, B.Srinivasan, E.Anders. Host Phase of a Strange Xenon Component in Allende Science, 1975, 26 December, v.190, N 1221, p.1251-1262.
14. Б.Л.Жуйков, Г.С.Попеко, Фан Тху Хьонг. Инструментальные методы определения платины, иридия и золота после выделения из природных образцов возгонкой в токе воздуха. Журнал аналит. химии, 1986, Т.41, №9, с.1563.
15. Ю.Т.Чубурков, Б.Л.Жуйков, Ш.Гэрбиш, Л.К.Альперт, Чан Зуй Тог. Концентрирование благородных металлов методом отгонки при анализе образцов большой массы. Журнал аналит. химии. 1990, 45, вып. 1, с.36-45.

16. Г. В. Войткевич, А. Е. Мирошников, А. С. Поваренных, В. Г. Прохоров, Краткий справочник по геохимии, М., "Недра", 1977, 300 с.
17. C. Patterson. Age of Meteorites and the Earth. *Geochim. et Cosmochim. Acta* - 1956, v10, p.
18. Х. Альфвен, Г. Арпенде. Структура, эволюция и история Солнечной системы, пер. с англ. под ред. проф. А. Ф. Богородского, 1981, Киев, Наукова думка, с. 331.
19. G. Crozaz, P. Pellas, M. Bourot-Denise, S. M. de Chazal, C. Fieni, L. L. Lundberg and E. Zinner. Plutonium, Uranium and Rare Earths in the Phosphates of Ordinary Chondrites - the Quest for a Chronometer, *Earth and Planetary Science Letters*, 1989, 93, p. 157-169.
20. J. Geiss. Composition Measurements and the History of Cometary Matter, *Astronomy Astrophys.* 1987, 187 p. 859-866.
21. L. A. Frank, J. B. Sigwarth and C. M. Yeates. A Search for Small Solar-System Bodies Near the Earth Using a Ground-based Telescope: Technique and Observations, *Astron. Astrophys.* 228, p. 522-530 (1990)
22. K. C. Bayer, R. C. Milici, Petroleum Geology of the Mid-Atlantic Continental Margin, Offshore Virginia, *Marine Geology* 1989, 90, p. 87-94.
23. В. Н. Холодов. Стратисфера - источник рудоносных растворов? *Природа* 1990, N4, с. 10-17.
24. C. R. German, G. P. Klinkhammer, J. M. Edmond, A. Mitra, H. Elderfield, Hydrothermal Scavenging of Rare-earth Elements in the Ocean, *Nature* 1990, V. 345, N6275, p. 516-518.
25. А. Ю. Розанов, Что произошло 600 миллионов лет назад, М.: Наука 1986, с. 96.
26. P. Eberhardt, R. R. Hodges, D. Krankowsky, J. J. Berthelier, W. Schulte, U. Dolter, P. Lammerzahn, S. H. Hoffman, J. m. Illiono, The D/H and  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  Isotopic Ratios in Comet Halley, LPSC XVIII, Part 1-A-Ha, p. 252-253.
27. Q. Williame, R. Jeanloz, J. Bass, B. Srenolsen, T. J. Anrens. The Melting Curve of Iron to 250 Gigapascals, *Science*, 1987, v. 236, p. 181.
28. В. Н. Жарков. Внутреннее строение Земли и планет. М.: "Наука", 1978, с. 191.
29. Ю. М. Пушаровский, В. Л. Новиков, А. А. Савельев, В. Е. Фадеев. Новая модель геодинамических процессов, *Геотектоника* 1989, N5, с. 3-13.
30. J. A. Woodhouse, A. M. Dziewonski. Mapping the Upper Mantle Three-Dimensional Modeling of Earth Structure by Inversion of Seismic Wave Forms. *J. Geophys. Res.*, 1984, 89, p. 5953-5986.
31. M. A. Richards, B. H. Hager, Geodin. Anomalies in a Dynamic Earth. *J. Geophys. Res.* 1984, 89, N137, p. 5987-6002.
32. В. Е. Хаин, А. Т. Зверев. Динамика литосферы и сейсмография. *Природа*, 1991, N4, с. 32-39.
33. D. Garding and J. H. Woodhouse, Deep Seismicity and Modes of Deformation in Tonga Subduction Zone, *Nature*, 1984, N5951, p. 505-509.
34. В. А. Вахрушев, В. В. Рябов. Самородное железо, *Природа* 1988, N 6, с. 60-61.
35. М. И. Новгородова. Самородные металлы в гидротермальных рудах, М., Наука 1983, с. 1-10.
36. Е. Ю. Буслаева, М. И. Новгородова. Элементорганические соединения в проблеме миграции рудного вещества, М., Наука 1989, с. 201.
37. Б. М. Валяев, Ретроспективный анализ, *Журнал Всесоюз. Хим. о-ва им. Д. И. Менделеева*, 1986, TXXXI, N5, с. 503-511.
38. R. Jelo. Why Magnetic North Shifts, American Geophysical Union Meeting, 1988 December in San Francisco, *Geotimes*, April, 1989, p. 21.
39. Э. Б. Чекамон. К проблеме синтеза нефти на больших глубинах, *Журнал Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева*, 1986, т. XXXI, N 5, с. 556-562.
40. А. Л. Липидис, С. М. Локтев, Современные каталитические синтезы углеводородов из окиси углерода и водорода, *Журнал Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева*, 1986, т. XXXI, N 5, с. 527-532.
41. В. Н. Лебединец. Органические полимеры в межпланетном пространстве, *Природа*, 1991, N3, с. 89-96.
42. Ph. V. Stark, C. Frahlich, *J. of Geophysical Res.* 1985, N90, N62, p. 1859-1896.
43. Г. И. Войтов, Е. А. Попов. Геохимический прогноз землетрясений, *Природа* 1989, N12, с. 60-64.
44. А. Г. Сальман, Б. В. Шилин. Сейсмическая активность: взгляд из космоса, *Природа*, 1989, N 12, с. 55-57.
45. R. Monaslevski, Christmas Quake Presents Geologic Gift, *Science News*, 1991, v. 139, N 11, March 16, p. 164.
46. М. Р. Милькис. Метеорологические предвестники сильных землетрясений, *Физика Земли*, 1986, N 3, с. 36-47.
47. T. Gold. The origin of Natural Gas and Petroleum and the Prognosis for Future Supplies. *Ann. Rev. Energy*, 1985, v. 10, p. 53-77.
- Т. Голд. Происхождение природного газа и нефти, *Всесоюзное*



химическое общество им. Д. И. Менделеева, т. 31, N5, 1986, стр. 547-556.

48. П. Н. Кропоткин, Дегазация Земли и генезис углеводородов, Журнал Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева, 1986, т. XXXI, N 5, с. 540-546.
49. Н. К. Надиров, А. В. Котова, В. Ф. Камьянов, В. И. Титов, Г. Н. Алешин, В. П. Солодухин, С. Ф. Бакирова, Г. Г. Глухов, Н. М. Корябина. Металлы в нефтях, Новые нефти Казахстана и их исследования, Алма-Ата, Наука, 1984, с. 448.
50. Н. С. Бескровный, Нафтометаллогения: единство нефти и рудообразования, Журнал Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева, 1986, т. XXXI, N 5, с. 569-574.
51. Ю. К. Дидын. Периодические системы элементов, законы сохранения и соответствующие группы подобия. В кн.: Система, Симметрия, Гармония. М.: "Мысль" 1988, с. 244-260.
52. А. А. Кист. Феноменология биогеохимии и бионеорганической химии. Ташкент, Фан, 1987, с. 196-197.
53. А. Кармов. Комплексные соединения кобальта (II) и никеля (II) с полидентатными лигандами и полиэдрическими борановыми аннонами, автореферат диссертации на соискание уч. ст. кандидата хим. наук, Душанбе, Институт химии, 1990, с. 24.
54. Л. М. Лебедев, И. Б. Никитина. Челекенская рудообразующая система, М.: Наука, 1983 г., с. 240.
55. С. Н. Дмитриев, Т. В. Шишкина, М. В. Фоменко, С. В. Шишкин. Формы состояния Au и Hg в термальных рассолах п/о Челекен. Препринт ОИЯИ 12-88-401, Дубна 1988, с. 8.
56. Д. Т. Чубурков, А. Г. Попеко, Н. К. Скобелев. Попытка концентрирования нового природного спонтанно делящегося нуклида из геотермального рассола полуострова Челекен, Радиохимия, 1988, N1, с. 112-121.

Рукопись поступила в издательский отдел  
26 мая 1992 года.

#### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.00 к.
Д1,2-86-668	Труды 8 Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/	7 р.35 к.
Д3,4,17-86-747	Труды Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р.50 к.
Д2-87-798	Труды 8 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р.55 к.
Д14-87-799	Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987	4 р.20 к.
Д17-88-95	Труды IV Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1987.	5 р.20 к.
Д17-88-681	Труды Международного совещания "Механизмы высокотемпературной сверхпроводимости". Дубна, 1988.	1 р.50 к.
Д13-88-938	Труды XIII Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1988.	4 р.30 к.
Р2-89-138	Труды семинара "Гравитационная энергия и гравитационные волны". Дубна, 1988.	1 р.10 к.
Д4-89-221	Труды рабочего совещания по разработке и созданию излучателя и детектора гравитационных волн. Дубна, 1988.	1 р.60 к.
Д9-89-52	Труды XI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1988 /2 тома/	14 р.35 к.
Д9-89-708	Труды II Международного совещания по циклотронам и их применению. Бехин, ЧССР, 1989.	4 р.00 к.
Д7-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа-86". Дубна, 1986.	4 р.45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р.10 к.