

равленных антенн, а также за счёт *замираний* (Фединга) сигналов вследствие появления *многолучёвости*.

Лит.: Дополнительные энергетические потери на высокоширотных радиолониях, М., 1983; Полярная верхняя атмосфера, пер. с англ., М., 1983; Ионосферномагнитные возмущения в высоких широтах, Л., 1986; Благочестный Д. В., Жеребцов Г. А., Высокоширотные геофизические явления и прогнозирование коротковолновых радионавалов, М., 1987; Физика авроральных явлений, Л., 1988. П. В. Куша.

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ — относительное содержание элементов в космич. веществе. Часто под Р. э. подразумевают распространённость не только хим. элементов, но также и их изотопов по отдельности, т. е. более общее понятие — распространённость *нуклидов* (РН). Среднюю РН определяют по совокупности данных геохимии, космохимии и астрофизики тремя осн. методами: исследованием состава образцов земного, метеоритного и лунного вещества; изучением спектров эл.-магн. излучения Солнца, звёзд и межзвёздной среды; определением содержания нуклидов в солнечных и галактич. *космических лучах*.

РН в ср. быстро падает с увеличением массового числа, обнаруживая максимумы для групп С, N, O и Fe («железный пик») и затем неск. двойных пиков, соответствующих элементам Kг и Sr, Хе и Ва, Рт и Pb, к-рые имеют устойчивые изотопы с магич. числами нейтронов 50, 82, 126 (см. *Магические ядра*) либо получаются при *бета-распаде* ядер с такими нейтронными числами.

На рис. 2 та же кривая РН приведена в более компактном виде, без разделения изотопов по процессам их образования. Эта т. н. стандартная кривая РН в Солнечной системе, построенная согласно данным А. Камерона, чётко обнаруживает указанные выше максимумы и является гл. наблюдат. основой теории *нуклеосинтеза* в природе. Согласно этой теории, осн. процессы образования ядер в природе включают космологич. нуклеосинтез в горячей Вселенной, приводящий к образованию гелия, термоядерное горение лёгких элементов от водорода до кремния в недрах звёзд, синтезирующее элементы «железного пика», а также процессы медленного и быстрого захвата нейтронов ядра-

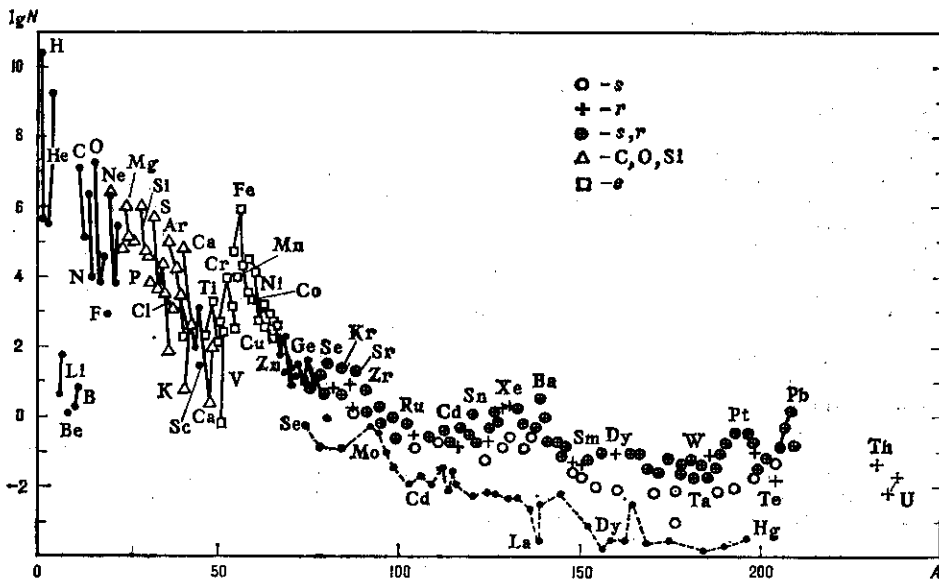


Рис. 1. Относительная распространённость нуклидов lgN (N — число атомов, $lgN_{Si} = 0$) в зависимости от атомной массы A (по А. Камерону). Изотопы одного и того же элемента (вплоть до Ge) соединены прямыми линиями. Символы указывают основные процессы синтеза нуклидов: Δ — взрывное горение С, O и Si, \circ — медленный захват нейтронов (s-процесс), $+$ — быстрый захват нейтронов (r-процесс), \oplus — сравнимый вклад s- и r-процессов, \square — ядерное статистическое равновесие (p-процесс). Нуклиды, образующиеся в других процессах, отмечены точками. Штриховой линией соединены обобщённые ядра.

Изотопный состав вещества достаточно хорошо изучен только для Солнечной системы. В Солнце заключена б. ч. массы Солнечной системы. Однако спектральный анализ содержания элементов и нуклидов в солнечной атмосфере не обладает столь большой точностью, как хим., радиохим. и масс-спектроскопич. анализы состава метеоритного и планетного твёрдых веществ. Поэтому содержание нуклидов в метеоритах рассматривается в качестве стандарта при систематизации распространённости большинства элементов.

На рис. 1 в логарифмич. шкале показана РН в Солнечной системе, нормированная на содержание кремния. Приведённые данные получены в осн. из анализа состава метеоритов. Систематизация этих данных выполнена А. Камероном (А. Cameron) в 1982 (см. также табл.). Наб. распространённость имеет водород (1H), примерно на порядок меньше — гелий (4He). Т. к. распространённость этих элементов вследствие их летучести на Земле, Луне и метеоритах мала, их действит. содержание в природе оценивают с привлечением косвенных данных: анализа внутр. строения звёзд и состава вещества межзвёздной среды, а также выводов космологии. Водород и гелий имеют в осн. первичное, космологич. происхождение (см. *Горячей Вселенной теория*). Низкое содержание дейтерия и изотопов Li, Be, В объясняется тем, что эти нуклиды при звёздных темп-рах легко вступают в разл. ядерные реакци-

Распространённость некоторых нуклидов в Солнечной системе (по А. Камерону, 1982)

Нуклид	Содержание в природной смеси изотопов, %	Распространённость по числу атомов ($N_{Si} \equiv 10^6$)	Нуклид	Содержание в природной смеси изотопов, %	Распространённость по числу атомов ($N_{Si} \equiv 10^6$)
1H	99,985	$2,66 \cdot 10^{10}$	^{88}Sr	82,56	18,9
2H	0,015	$4,40 \cdot 10^8$	^{92}Nb	100	0,9
3He	$1,38 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^5$	^{107}Ag	51,35	0,236
4Li	7,42	$1,8 \cdot 10^9$	^{109}Ag	48,65	0,224
6Li	92,58	4,45	^{119}Sn	24,03	0,889
7Li	100	55,55	^{120}Sn	32,85	1,22
9Be	100	1,2	^{127}I	100	1,27
^{11}B	80,36	7,2	^{136}Xe	27,5	1,61
^{12}C	98,89	$1,11 \cdot 10^7$	^{138}Ba	71,66	3,44
^{14}N	99,634	$2,31 \cdot 10^7$	^{152}Sm	26,7	0,6641
^{16}O	99,759	$1,84 \cdot 10^7$	^{158}Tb	100	0,076
^{20}Ne	88,89	$2,31 \cdot 10^8$	^{164}Dy	0,0524	$1,93 \cdot 10^{-4}$
^{22}Na	100	$6,0 \cdot 10^8$	^{164}Dy	28,18	0,104
^{24}Mg	78,70	$8,34 \cdot 10^8$	^{170}Ta	0,0123	$2,46 \cdot 10^{-5}$
^{27}Al	100	$8,5 \cdot 10^8$	^{181}Ta	99,9877	0,020
^{28}Si	92,21	$9,22 \cdot 10^8$	^{190}Os	1,29	0,0089
^{32}S	95,0	$4,75 \cdot 10^8$	^{198}Os	41,0	0,283
^{36}Ar	84,2	$8,93 \cdot 10^8$	^{202}Pt	33,8	0,477
^{40}Ca	96,97	$6,06 \cdot 10^8$	^{207}Au	100	0,21
^{52}Cr	83,7	$1,06 \cdot 10^9$	^{208}Pb	58,55	1,522
^{56}Fe	91,68	$8,25 \cdot 10^8$	^{210}Bi	400	0,14
^{60}Ni	67,88	$3,24 \cdot 10^8$	^{232}Th	100	0,045
^{74}As	100	6,2	^{238}U	0,720	0,0064
^{86}Kr	58,90	23,5	^{235}U	99,2745	0,0203