

УДК 550,42.

О КЛАРКОВОМ СОДЕРЖАНИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЫ

Н.А. Григорьев

Институт геологии и геохимии Уральского отделения РАН

620151 Екатеринбург, Почтовый пер., 7

E-mail: root@igg.e-burg.su

Статья поступила 20 сентября 2001 г.

Автором рассчитано среднее содержание химических элементов (кроме породообразующих) в горных породах осадочного слоя и в метаморфических породах гранитно-гнейсового слоя. Остальные данные о среднем содержании химических элементов в горных породах верхней части континентальной коры заимствованы из литературы. Массы горных пород приняты по А.Б. Ронову и др. На основании этих данных рассчитаны новые величины кларковского содержания химических элементов в верхней части континентальной коры.

Ключевые слова: *среднее содержание, химические элементы, континентальная кора.*

ABOUT CHEMICAL ELEMENTS CLARK CONTENT IN THE UPPER PART OF THE CONTINENTAL CRUST

N.A. Grigoryev

Institute of Geology and Geochemistry of the Academy Sciences of Russia

Average content of chemical elements (besides of rock-forming ones) in rocks of sedimental layer and in metamorphic rocks of granite-gneissose lauer has been calculated by author. The other data of chemical elements average content in rocks of an upper part of the continental crust have been given from references. Masses of rocks have been received by A.B. Ronov et al. On a base of these data the new values of average content of chemical elements in the upper part of continental crust has been calculated.

Key words: *average content, chemical elements, continental crust.*

Изменения окружающей среды настолько интенсивны, что не исключается возможность преобразования ее в искусственную [Галимов, 2001]. И вместе с тем, данные о естественном составе среды оставляют желать лучшего. Не исключение и верхняя часть континентальной коры. Ее средней химический состав определен приближенно. Основная причина – недостаток корректных данных о среднем содержании химических элементов в горных породах. В наиболее детальной модели земной коры А.Б. Ронина и др. [1990] приведено среднее содержание 11 химических элементов в важнейших горных породах осадочного и гранитно-гнейсового слоев и еще 5 химических элементов – в большинстве этих пород. Для частичного дополнения модели гранитно-гнейсового слоя, в первом приближении, можно использовать данные Л.Н. Овчинникова [1990] о

среднем содержании большинства химических элементов в магматических породах. В них учтены преимущественно результаты анализов магматических пород континентов. Литературные данные о среднем содержании химических элементов в остальных горных породах неполны. А часть их, относящаяся к осадочным и вулканогенным породам, не корректна (совместно учтены результаты анализов не метаморфизованных и метаморфических пород). Среднее содержание большинства химических элементов в осадочных, вулканогенных и метаморфических породах рассчитано автором вновь, или впервые. На основании полученных данных рассчитаны новые значения кларковского содержания химических элементов в верхней части континентальной коры.

Горные породы в верхней части континентальной коры

По современным представлениям верхняя часть континентальной коры состоит из слоев: осадочного и гранитно-гнейсового. Верхний слой сложен осадочными и вулканогенными породами. Нижний - магматическими и метаморфическими [Ронов и др., 1990; Wedepohl, 1995]. В действительности значительная часть толщ (особенно палеозойских) представлена сложными комбинациями осадочных, магматических и метаморфических пород. Такие толщи рассматривают как части осадочного слоя, включающие фрагменты гранитно-гнейсового. К последним относят метаморфические породы зеленосланцевой, эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций, интрузивные породы и мигматиты [Лутц, 1975]. Это представление – основа модели А.Б. Ронова и др. [1990]. В ней к континентальной коре отнесены собственно континентальные и субконтинентальные блоки. Суммарная их площадь 213 млн км². Автором использован несколько детализированный фрагмент этой модели. Соотношение масс горных пород принято в основном по А.Б. Ронову и др. [1990]. Группа «Гранитоиды и гранито-гнейсы» разделена на граниты, гранодиориты и гранито-гнейсы. Соотношения масс гранитоидов и гранито-гнейсов принято 1:2 [Григорьев, 2000]. Соотношение масс гранитов и гранодиоритов (с прочими гранитоидами повышенной основности) – по А.А. Беусу [1981]. Гранито-гнейсы учтены как ортометаморфические породы. Ультрабазиты (в основном метаморфизованные) автор по традиции оставил среди магматических пород.

Ниже приведены принятые при расчетах доли масс важнейших групп горных пород (мас.%). Осадочный слой: пески и песчаники – 5,11; глины и глинистые сланцы – 10,40; карбонатные породы – 3,85; кремнистые породы – 0,33; эвапориты – 0,26; кислые вулканы – 0,44; средние вулканы – 1,13; основные вулканы – 2,11; всего – 23,63. Гранитно-гнейсовый слой: граниты – 8,21; гранодиориты – 3,38; базиты – 1,5; сиениты – 0,05; ультрабазиты – 0,05; метапесчаники – 2,92; парагнейсы и парасланцы – 30,56; карбонатные породы – 1,13; железистые породы – 0,38; гранито-гнейсы – 23,21; металипариты – 0,66; метаандезиты – 1,03; метабазиты – 3,29; всего – 76,37.

Исходные данные и метод определения среднего содержания химических элементов в горных породах

Среднее содержание Н, Na, K, Mg, Ca, Al, P, S, Si, O, F, Cl, Ti, Mn, Fe в осадочных породах, базитах, сиенитах, ультрабазитах, метабазитах и параметаморфических породах – по А.Б. Ронову и др. [1990] с небольшими поправками. Поправки компенсируют некорректный пересчет суммарного содержания 11–16 учтенных элементов на 100%. В вулканитах осадочного слоя среднее содержание Na, K, Mg, Ca, Al, P, Si, O, Ti, Mn, Fe – по А.Б. Ронову и др. [1990], также с небольшими поправками. Среднее содержание Н, С, S, F, Cl определено преимущественно по данным о составе четвертичных лав Камчатки, Курильских островов, Японии и меловых вулканитов Охотского побережья [Григорьев, 2001]. Среднее содержание всех отмеченных элементов в гранитах и гранодиоритах дается по А.А. Беусу [1981]. В гранито-гнейсах оно определено по данным о составе совокупности гранитоидов и гранито-гнейсов по А.Б. Ронову и др. [1990] и гранитоидов по А.А. Беусу [1981]. При расчете среднего содержания всех отмеченных элементов в метариолитах и метаандезитах использованы в основном данные по докембрийским и палеозойским метавулканитам Балтийского щита, Урала, Алтая [Григорьев, 2001]. Среднее содержание почти всех прочих элементов в магматических породах гранитно-гнейсового слоя заимствовано у Л.В. Овчинникова [1990]. Среднее содержание всех элементов (кроме перечисленных выше) в осадочных, вулканогенных и метаморфических породах определено автором. В большинстве случаев за основу принимались результаты фундаментальных обобщений. Например, за основу были приняты: для Li, Rb, Cs, Sr – данные Н.А. Солодова и др. [1986]; для Be – 3959 анализов уральских горных пород; для В и Ga – данные А.Ф. Горбова [1976] и Л.А. Борисенко [1971]; для Tl и In Д.М. Шоу [Shav, 1952]; для Ge – С.А. Ель Вардани [El Wardani, 1957]; для Zr – Х. Дегенхардта [1959]. Во многих случаях за основу приняты обобщения В.В. Иванова [1997]. Поправки и дополнительные данные рассчитаны по результатам анализов горных пород Азии, Европы, Северной Америки, Африки и Антарктиды, опубликованным больше чем в 200 монографиях и статьях. Использование последних было осложнено тем,

что во многих публикациях метаморфическим породам даны названия исходных осадочных и вулканогенных. При выяснении действительной природы горных пород автор ориентировался на их минеральный состав и геологическую позицию. При отсутствии надежных критериев приходилось доверять авторам описаний.

Особо остановимся на данных о платиноидах, относящихся к наименее изученным элементам. Здесь за основу приняты данные Л.Н. Овчинникова [1990] и В.В. Иванова [1997]. Учтены также немногочисленные анализы горных пород: мезозойских и палеозойских *песчаников и горючего сланца* Таджикистана [Пачаджанов, 1985], *базальтов* эффузивной фации траппов Таймыро-Норильского района [ПлатинOMETАЛЬНЫЕ., 1994; Додин, 1999], верхнедевонских и каменноугольных *базальтов* Магнитогорского мегасиклиория на Южном Урале [Салихов, 1987], докембрийских *метапесчаников и кристаллических сланцев* Балтийского щита [Хвостова и др., 1985], силурийских и девонских *метабазальтов* Магнитогорского мегасиклиория на Южном Урале [Салихов, 1987], докембрийских *метабазитов* (включая ортоамфиболиты) Балтийского щита [Гроховская и др., 1999; Рыбаков и др., 1995; Хвостова и др., 1975].

Характеристика данных о среднем содержании химических элементов в горных породах, слоях и верхней части континентальной коры

Приводимые сведения о среднем содержании химических элементов в горных породах осадочного и гранитно-гнейсового слоев (табл. 1 – 7) наиболее полные. Часть их определена впервые, часть близка к литературным данным, часть отличается от последних. Соответственно, полученные данные о среднем химическом составе верхней части континентальной коры лишь отчасти совпадают с литературными. Сопоставим кларковое содержание (мас. %) химических элементов: в верхней континентальной коре (Upper Continental Crust) по К.Х. Ведеполлю [Wedepohl, 1995] (первая цифра) и в верхней части континентальной коры по нашим данным (вторая цифра): Н – н.о., 0,18; Li – 0,0022, 0,003; Be – $3,1 \times 10^{-4}$, $2,1 \times 10^{-4}$; В – 0,0017, 0,0034; С – 0,32, 0,81; N – 0,0083, 0,01; O – н.о., 47,87; F – 0,061, 0,051; Na – 2,57, 2,07; Mg – 1,35, 1,77; Al – 7,74, 7,6; Si – 30,35, 28,32; P – 0,066, 0,061; S – 0,095, 0,14; Cl – 0,064, 0,15;

K – 2,86, 2,23; Ca – 2,95, 3,89; Sc – 0,0007, 0,0015; Ti – 0,31, 0,34; V – 0,0053, 0,012; Cr – 0,0035, 0,015; Mn – 0,053, 0,067; Fe – 3,09, 4,06; Co – 0,0012, 0,0017; Ni – 0,0019, 0,0062; Cu – 0,0014, 0,0039; Zn – 0,0052, 0,0078; Ga – 0,0014, 0,0019; Ge – $1,4 \times 10^{-4}$, $1,3 \times 10^{-4}$; As – 2×10^{-4} , $6,5 \times 10^{-4}$; Se – $8,3 \times 10^{-6}$, $1,6 \times 10^{-5}$; Br – 0,00016, 0,0011; Rb – 0,011, 0,011; Sr – 0,032, 0,027; Y – 0,0021, 0,0026; Zr – 0,024, 0,016; Nb – 0,0026, 0,0012; Mo – $1,4 \times 10^{-4}$, $1,5 \times 10^{-4}$; Ag – $5,5 \times 10^{-6}$, $1,3 \times 10^{-5}$; Cd – 1×10^{-5} , 3×10^{-5} ; In – $6,1 \times 10^{-6}$, $1,9 \times 10^{-5}$; Sn – $2,5 \times 10^{-4}$, $3,8 \times 10^{-4}$; Sb – 3×10^{-5} , $1,2 \times 10^{-4}$; Te – н.о., $2,9 \times 10^{-7}$; I – $1,4 \times 10^{-4}$, $6,8 \times 10^{-5}$; Cs – $5,8 \times 10^{-4}$, 4×10^{-4} ; Ba – 0,067, 0,051; La – 0,0032, 0,0032; Ce – 0,0066, 0,0063; Pr – $6,3 \times 10^{-4}$, $8,7 \times 10^{-4}$; Nd – 0,0026, 0,0029; Sm – $4,7 \times 10^{-4}$, $5,7 \times 10^{-4}$; Eu – $9,5 \times 10^{-5}$, $1,3 \times 10^{-4}$; Gd – $2,8 \times 10^{-4}$, $6,2 \times 10^{-4}$; Tb – 5×10^{-5} , $8,9 \times 10^{-5}$; Dy – $2,9 \times 10^{-4}$, $4,8 \times 10^{-4}$; Ho – $6,2 \times 10^{-5}$, $1,6 \times 10^{-4}$; Er – н.о., $2,7 \times 10^{-4}$; Tm – н.о., $4,9 \times 10^{-5}$; Yb – $1,5 \times 10^{-4}$, $2,5 \times 10^{-4}$; Lu – $2,7 \times 10^{-5}$, $5,1 \times 10^{-5}$; Hf – $5,8 \times 10^{-4}$, $4,5 \times 10^{-4}$; Ta – $1,5 \times 10^{-4}$, $1,4 \times 10^{-4}$; W – $1,4 \times 10^{-4}$, $2,5 \times 10^{-4}$; Au – н.о., $6,1 \times 10^{-7}$; Hg – $5,6 \times 10^{-6}$, $7,2 \times 10^{-6}$; Tl – $7,5 \times 10^{-5}$, $7,7 \times 10^{-5}$; Pb – 0,0017, 0,0017; Bi – $1,2 \times 10^{-5}$, $3,3 \times 10^{-5}$; Th – 1×10^{-3} , $9,3 \times 10^{-4}$; U – $2,5 \times 10^{-4}$, $2,5 \times 10^{-4}$.

Приведенные данные о среднем химическом составе верхней части континентальной коры вероятно наиболее корректны. Но и они нуждаются в уточнении и дополнении. Приводимые и использованные при расчетах значения среднего содержания химических элементов в горных породах корректны в отношении исходных данных, которыми располагал автор. Но последние не лишены недостатков. Отметим два главных. Первый – модель А.Б. Ронова и др. [1990] не вполне соответствует задаче, поставленной автором. В частности, она не позволяет учесть соотношение масс горных пород одинаковых в петрографическом отношении, но отличающихся по генезису и, как следствие, по содержанию большинства химических элементов. Второй – недостаточное количество данных о содержании многих элементов в горных породах. Содержание большинства химических элементов в горных породах сильно варьирует. При имеющемся недостатке данных встает вопрос об учете проб с «аномальным» содержанием. Существующие методы вариационной статистики не гарантируют корректности решения этого вопроса. Отметим наиболее вероятные частные погрешности, обусловленные недостатком исходных данных. Возможно преувеличе-

Таблица 1
Среднее содержание химических элементов (мас.%) в горных породах верхней части континентальной коры. Водород, щелочные и щелочноземельные металлы, марганец, железо, кобальт, никель

Слой, горные породы	H	Li	Na	K	Rb	Cs	Be	Mg	Ca	Sr	Ba	Mn	Fe	Co	Ni
Пески и песчаники	0,35	0,0025	1,39	1,76	0,008	0,00067	0,00014	1,12	2,83	0,022	0,037	0,06	3,21	0,0013	0,0032
Глины, глинистые сланцы	0,43	0,0046	1,02	2,73	0,013	0,001	0,00028	1,65	2,21	0,024	0,046	0,097	4,71	0,0019	0,0047
Карбонатные породы	0,27	0,0014	0,22	0,46	0,0024	0,00036	0,00004	3,45	27,43	0,038	0,036	0,071	1,09	0,00051	0,0019
Кремнистые породы	0,21	0,0007	0,33	0,91	0,0052	0,00038	0,00016	0,56	1,01	0,011	0,09	0,225	3,19	0,00013	0,0037
Эвапориты	0,18	0,0008	28,64	0,22	0,0034	0,00012	0,00007	0,24	7,09	0,096	0,042	0,0008	0,029	He опр.	He опр.
Осадочные породы	0,37	0,0033	1,31	1,98	0,0094	0,00077	0,00019	1,83	7,28	0,027	0,041	0,083	3,54	0,0014	0,0037
Кислые вулканы	0,092	0,0026	2,58	3,65	0,019	0,001	0,0004	0,22	0,79	0,024	0,048	0,046	1,5	0,00048	0,0008
Средние вулканы	0,088	0,002	2,72	1,49	0,0075	0,00029	0,00014	1,85	4,44	0,039	0,041	0,108	5,04	0,00019	0,0051
Основные вулканы	0,094	0,0013	1,94	0,77	0,0043	0,00012	0,00012	3,92	7,2	0,044	0,039	0,14	8,06	0,003	0,0073
Вулканы в целом	0,092	0,0017	2,26	1,34	0,007	0,00028	0,00016	2,84	5,59	0,04	0,041	0,119	6,35	0,0024	0,0058
ОСАДОЧНЫЙ СЛОЙ	0,33	0,0031	1,46	1,88	0,009	0,00069	0,00019	1,98	7,02	0,029	0,041	0,089	3,98	0,0016	0,004
Граниты	0,058	0,0037	2,69	3,58	0,018	0,0005	0,00036	0,33	1,11	0,015	0,075	0,04	1,83	0,0001	0,00035
Гранодиориты	0,09	0,0026	2,74	2,52	0,012	0,00022	0,00021	1,1	2,4	0,044	0,056	0,07	3,3	8·10 ⁻⁵	0,0016
Базиты	0,17	0,0015	1,93	0,69	0,0037	0,0001	0,00008	4,3	6,29	0,046	0,029	0,14	8,25	0,0048	0,014
Сyenиты	0,066	0,0028	3,59	5,78	0,011	0,00006	0,00019	1,06	2,7	0,02	0,16	0,12	3,31	0,0003	0,0004
Ультрабазиты	0,39	7,5·10 ⁻⁵	0,59	0,29	7·10 ⁻⁵	0,00001	0,00002	14,56	3,99	0,0007	8·10 ⁻⁵	0,15	10,4	0,015	0,2
Магматические породы	0,08	0,0032	2,61	2,98	0,015	0,00038	0,00029	1,04	2,05	0,026	0,065	0,598	2,97	0,00068	0,003
Метасланцы	0,14	0,0019	1,55	1,97	0,0035	0,0002	0,00012	1,33	1,77	0,013	0,038	0,055	3,47	0,0016	0,0046
Парагнейсы, сланцы	0,16	0,0036	2,00	2,07	0,012	0,0004	0,00026	1,8	2,72	0,026	0,044	0,074	4,41	0,0019	0,012
Карбонатные породы	0,15	0,0009	0,19	0,34	0,0007	0,0002	0,00009	8,09	22,62	0,058	0,036	0,22	1,56	0,00069	0,0012
Железистые породы	0,09	0,0002	0,96	0,41	0,0015	0,00003	0,00006	1,81	2,11	0,016	0,028	0,076	24,14	0,0005	0,0018
Параметаморфиты	0,16	0,0033	1,89	1,99	0,011	0,00037	0,00024	1,96	3,28	0,026	0,043	0,077	4,45	0,0018	0,0109
Гранито-гнейсы	0,11	0,0026	2,62	2,8	0,011	0,00017	0,00018	1,34	2,34	0,025	0,07	0,04	3,55	0,0017	0,0023
Метарiolиты	0,15	0,0032	2,93	1,55	0,013	0,00041	0,00028	0,73	1,53	0,02	0,069	0,053	3,02	0,0009	0,0027
Метакандалиты	0,2	0,0019	2,96	1,14	0,0044	0,0003	0,00021	2,17	3,72	0,031	0,024	0,1	5,38	0,0017	0,004
Метабазиты	0,17	0,0016	1,83	0,7	0,0022	0,00045	0,00007	4,28	6,66	0,04	0,02	0,013	8,08	0,0049	0,013
Ортометаморфиты	0,12	0,0025	2,55	2,46	0,0098	0,0002	0,00017	1,7	2,88	0,027	0,062	0,039	4,13	0,0021	0,0036
ГРАНИТНО-ГНЕЙСОВЫЙ СЛОЙ	0,13	0,003	2,26	2,33	0,011	0,00031	0,00022	1,71	2,92	0,026	0,054	0,06	4,08	0,0017	0,0069
Верхняя часть коры	0,18	0,003	2,07	2,23	0,011	0,0004	0,00021	1,77	3,89	0,027	0,051	0,067	4,06	0,0017	0,0062

Таблица 2

Среднее содержание химических элементов (мас.%) в горных породах верхней части континентальной коры. Подгруппы бора и углерода

Горные породы, слои	B	Al	Ga	In	Tl	C	Si	Ge	Sn	Pb
Пески и песчаники	0,0026	5,96	0,001	3·10 ^{-6*}	8·10 ⁻⁵	0,93	31,42	1,1·10 ⁻⁴	2,8·10 ⁻⁴	0,0014
Глины, глинистые сланцы	0,011	8,86	0,0016	6,3·10 ⁻⁶	1,3·10 ⁻⁴	1,4	26,88	2·10 ⁻⁴	3,5·10 ⁻⁴	0,0014
Карбонатные породы	0,0037	1,18	0,0005	9·10 ⁻⁷	6·10 ⁻⁶	9,79	5,92	3,6·10 ⁻⁵	1,6·10 ⁻⁴	0,0007
Кремнистые породы	0,001	2,48	0,0002	1·10 ⁻⁶	Не опр.	0,88	38,32	Не опр.	Не опр.	0,0006
Эвапориты	0,0038	0,04	0,0008	4·10 ⁻⁶	Не опр.	0,18	0,18	5·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁴	Не опр.
Осадочные породы	0,0072	6,41	0,0012	4,3·10 ⁻⁶	8,9·10 ⁻⁵	2,87	23,84	1,4·10 ⁻⁴	2,9·10 ⁻⁴	0,0012
Кислые вулканиты	0,0029	6,99	0,0026	5,6·10 ⁻⁶	2,1·10 ⁻⁴	0,19	33,99	1·10 ⁻⁴	3,5·10 ⁻⁴	0,0023
Средние вулканиты	0,0038	8,83	0,0029	4·10 ^{-6*}	Не опр.	0,13	27,44	1,5·10 ⁻⁴	4,5·10 ⁻⁴	0,0018
Основные вулканиты	0,0009	8,66	0,0026	6,7·10 ⁻⁶	Не опр.	0,18	22,9	1,5·10 ⁻⁴	3,6·10 ⁻⁴	0,0011
Вулканиты в целом	0,002	8,51	0,0027	5,7·10 ⁻⁶	7·10 ^{-5*}	0,17	25,62	1,4·10 ⁻⁴	3,9·10 ⁻⁴	0,0015
ОСАДОЧНЫЙ СЛОЙ	0,0064	6,74	0,0014	4,5·10 ⁻⁶	8,6·10 ⁻⁵	2,45	24,12	1,4·10 ⁻⁴	3,1·10 ⁻⁴	0,0012
Граниты	0,0013	7,36	0,0018	2,2·10 ⁻⁵	1,9·10 ⁻⁴	0,03	33,83	2,8·10 ⁻⁴	3·10 ⁻⁴	0,0019
Гранодиориты	0,0012	8,6	0,0018	1,7·10 ⁻⁵	8,6·10 ⁻⁵	0,02	30,5	1,3·10 ⁻⁴	1,9·10 ⁻⁴	0,0015
Базиты	0,0005	7,94	0,0016	2·10 ⁻⁵	1,8·10 ⁻⁵	0,033	23,54	1,4·10 ⁻⁴	4·10 ⁻⁴	0,0006
Сyenиты	0,0009	9,84	3·10 ⁻⁵	1·10 ⁻⁵	1,4·10 ⁻⁴	0,011	26,83	1·10 ⁻⁴	4·10 ⁻⁴	0,0012
Ультрабазиты	0,0003	3,03	0,0002	1·10 ⁻⁶	1,5·10 ⁻⁵	0,041	20,69	1,3·10 ⁻⁴	5·10 ⁻⁵	4,6·10 ⁻⁵
Магматические породы	0,0012	7,74	0,0018	2·10 ⁻⁵	1,4·10 ⁻⁴	0,028	31,73	2,2·10 ⁻⁴	2,8·10 ⁻⁴	0,0016
Металесчаники	0,0017	5,33	0,0009	Не опр.	4,4·10 ⁻⁵	0,34	33,84	8·10 ⁻⁵	4,5·10 ⁻⁴	0,0018
Парагнейсы, сланцы	0,0036	8,13	0,0018	Не опр.	6,3·10 ⁻⁵	0,35	29,42	1,5·10 ⁻⁴	5,2·10 ⁻⁴	0,002
Карбонатные породы	0,0017	0,96	0,0006	Не опр.	Не опр.	8,86	7,35	3,9·10 ⁻⁵	5,2·10 ⁻⁴	0,0013
Железистые породы	0,007	3,02	0,0002	Не опр.	Не опр.	0,25	23,73	2,5·10 ⁻⁴	4,5·10 ⁻⁴	0,0027
Параметаморфиты	0,0034	7,61	0,0017	2·10 ^{-5*}	6·10 ⁻⁵	0,62	29,01	1,4·10 ⁻⁴	5,1·10 ⁻⁴	0,002
Гранито-гнейсы	0,002	8,37	0,0027	3,2·10 ⁻⁵	6,9·10 ⁻⁵	0,019	30,12	5·10 ⁻⁵	3,3·10 ⁻⁴	0,0019
Метариолиты	0,0024	7,28	0,0023	Не опр.	Не опр.	0,087	32,83	5·10 ⁻⁵	5,3·10 ⁻⁴	0,0031
Метаандезиты	0,0016	8,35	0,002	Не опр.	5·10 ^{-5*}	0,2	27,41	5·10 ⁻⁵	1,9·10 ⁻⁴	0,0012
Метабазиты	0,0013	7,48	0,002	1,1·10 ⁻⁵	2·10 ^{-5*}	0,076	24,19	9·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁴	0,0009
Ортометаморфиты	0,0019	8,24	0,0026	2,8·10 ⁻⁵	1·10 ^{-5*}	0,034	29,39	5,5·10 ⁻⁵	3,3·10 ⁻⁴	0,0018
ГРАНИТНО-ГНЕЙСОВЫЙ СЛОЙ	0,0025	7,87	0,002	2,3·10 ⁻⁵	7·10 ⁻⁵	0,3	29,62	1,2·10 ⁻⁴	4·10 ⁻⁴	0,0019
Верхняя часть коры	0,0034	7,6	0,0019	1,9·10 ⁻⁵	7,7·10 ⁻⁵	0,81	28,32	1,3·10 ⁻⁴	3,8·10 ⁻⁴	0,0017

Примечание: * - здесь и в последующих таблицах предполагается величины.

Таблица 3

Среднее содержание химических элементов (мас.%) в горных породах. Подгруппы: азота, кислорода, фтора

Горные породы, слои	N	P	As	Sb	Bi	O	S	Se	Te	F	Cl	Br	I
Пески и песчаники	0,012	0,062	7,2·10 ⁻⁴	2,6·10 ⁻⁴	2·10 ⁻⁵	49,8	0,19	1·10 ⁻⁵	-	0,033	0,059	0,0048	1·10 ⁻⁴
Глины, сланцы	0,058	0,079	9,3·10 ⁻⁴	1·10 ⁻⁴	3,8·10 ⁻⁵	48,46	0,36	3,6·10 ⁻⁵	1·10 ^{-6*}	0,061	0,085	0,0057	1,2·10 ⁻⁴
Карбонатные породы	0,039	0,048	4,4·10 ⁻⁴	2,5·10 ⁻⁴	5·10 ⁻⁶	49,12	0,25	2,7·10 ⁻⁵	Не опр.	0,033	0,053	0,00058	1,1·10 ⁻⁴
Кремнистые породы	Не опр.	0,066	Не опр.	Не опр.	Не опр.	51,07	0,19	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Эвапориты	Не опр.	4·10 ⁻⁴	4·10 ⁻⁴	Не опр.	3·10 ⁻⁶	13,15	5,34	4·10 ⁻⁷	Не опр.	0,024	44,21	0,0034	4,8·10 ⁻⁵
Осадочные породы	0,041	0,067	7,6·10 ⁻⁴	1,2·10 ⁻⁴	2,6·10 ⁻⁵	48,51	0,36	2,7·10 ⁻⁵	1·10 ^{-6*}	0,047	0,65	0,0044	1,1·10 ⁻⁴
Кислые вулканиты	0,003*	0,044	4,3·10 ⁻⁴	Не опр.	1,4·10 ⁻⁵	49,13	0,058	9,3·10 ⁻⁶	1,8·10 ⁻⁷	0,051	0,018	Не опр.	Не опр.
Средние вулканиты	0,0032	0,096	2,5·10 ⁻⁴	2·10 ⁻⁵	7·10 ⁻⁶	46,71	0,071	6,3·10 ⁻⁶	4,1·10 ⁻⁷	0,05	0,025	Не опр.	Не опр.
Основные вулканиты	0,0036	0,109	2·10 ⁻⁴	1·10 ⁻⁴	5·10 ⁻⁶	44,78	0,071	1,1·10 ⁻⁵	2,3·10 ⁻⁷	0,046	0,033	0,00041	6·10 ⁻⁵
Вулканиты в целом	0,0034	0,097	2,4·10 ⁻⁴	7,3·10 ⁻⁵	6,7·10 ⁻⁶	45,89	0,069	9,4·10 ⁻⁶	2,8·10 ⁻⁷	0,048	0,029	0,0004*	6·10 ^{-5*}
ОСАДОЧНЫЙ СЛОЙ	0,035	0,072	6,8·10 ⁻⁴	1,1·10 ⁻⁵	2,3·10 ⁻⁵	48,10	0,31	2,4·10 ⁻⁵	8,9·10 ⁻⁷	0,047	0,55	0,0038	1·10 ⁻⁴
Граниты	0,0022	0,06	1,6·10 ⁻⁴	2·10 ⁻⁵	6,6·10 ⁻⁵	48,46	0,03	7·10 ⁻⁶	1·10 ⁻⁷	0,082	0,019	0,00017	8·10 ⁻⁵
Гранодиориты	0,002	0,11	1,8·10 ⁻⁴	2·10 ⁻⁵	2,2·10 ⁻⁵	47,9	0,03	8·10 ⁻⁶	1,6·10 ⁻⁷	0,056	0,016	0,00043	5·10 ⁻⁵
Базиты	0,0019	0,089	2·10 ⁻⁴	3,4·10 ⁻⁵	5,2·10 ⁻⁶	44,39	0,1	7·10 ⁻⁶	3,5·10 ⁻⁷	0,04	0,02	0,00035	5·10 ⁻⁵
Сиениты	0,003	0,087	1,4·10 ⁻⁴	2,2·10 ⁻⁵	1,8·10 ⁻⁵	45,73	0,03	5·10 ⁻⁶	3,4·10 ⁻⁷	0,12	0,047	0,00027	7·10 ⁻⁵
Ультрабазиты	0,0007	0,035	1,3·10 ⁻⁴	5·10 ⁻⁵	1,4·10 ⁻⁶	44,89	0,088	5·10 ⁻⁶	1·10 ⁻⁷	0,01	0,0074	0,00009	3·10 ⁻⁵
Магматиты	0,0021	0,076	1,7·10 ⁻⁴	2,2·10 ⁻⁵	4,7·10 ⁻⁵	47,83	0,038	7,2·10 ⁻⁶	1,4·10 ⁻⁷	0,07	0,018	0,00026	6,9·10 ⁻⁵
Метапесчаники	Не опр.	0,057	7,6·10 ⁻⁴	5,9·10 ⁻⁴	3,1·10 ⁻⁵	49,27	0,053	1·10 ⁻⁵	Не опр.	0,03	0,025	Не опр.	5·10 ⁻⁵
Парагнейсы, сланцы	Не опр.	0,054	12·10 ⁻⁴	2,2·10 ⁻⁴	5,8·10 ⁻⁵	47,8	0,1	2·10 ⁻⁵	Не опр.	0,065	0,022	0,0002	8·10 ⁻⁵
Карбонатные породы	Не опр.	0,13	22·10 ⁻⁴	Не опр.	1,3·10 ⁻⁵	48,84	0,228	Не опр.	Не опр.	0,047	0,03	Не опр.	3·10 ⁻⁵
Железистые породы	Не опр.	0,047	7,5·10 ⁻⁴	Не опр.	Не опр.	42,69	0,076	Не опр.	Не опр.	0,016	0,045	Не опр.	Не опр.
Параметаморфиты	0,003*	0,057	12·10 ⁻⁴	2,4·10 ⁻⁴	5,4·10 ⁻⁵	47,9	0,1	1,8·10 ⁻⁵	1·10 ^{-7*}	0,061	0,23	0,0002*	7,5·10 ⁻⁵
Гранито-гнейсы	0,0037	0,053	1,4·10 ⁻⁴	3,3·10 ⁻⁵	1·10 ⁻⁵	47,97	0,106	7·10 ^{-6*}	Не опр.	0,029	0,021	0,0002*	3·10 ⁻⁵
Метариолиты	Не опр.	0,048	Не опр.	Не опр.	Не опр.	49,15	0,036	9,1·10 ⁻⁵	Не опр.	0,05	0,01	Не опр.	Не опр.
Мстаандезиты	Не опр.	0,074	7·10 ⁻⁴	Не опр.	Не опр.	47,41	0,03	Не опр.	Не опр.	0,079	0,01	Не опр.	Не опр.
Метабазиты	Не опр.	0,01	3,3·10 ⁻⁴	Не опр.	2·10 ⁻⁶	45,11	0,1	1,3·10 ⁻⁵	5·10 ⁻⁷	0,053	0,03	Не опр.	Не опр.
Ортометаморфиты	0,003*	0,049	1,8·10 ⁻⁴	3·10 ^{-5*}	1·10 ^{-5*}	47,64	0,1	9,4·10 ⁻⁶	1·10 ^{-7*}	0,034	0,021	0,0002*	3·10 ^{-5*}
ГРАНИТНО-ГНЕЙСОВЫЙ СЛОЙ	0,0028	0,057	6,3·10 ⁻⁴	1,2·10 ⁻⁴	3,6·10 ⁻⁵	47,8	0,09	1,3·10 ⁻⁵	1·10 ^{-7*}	0,053	0,022	1,2·10 ⁻⁵	5,7·10 ^{-5*}
Верхняя часть коры	0,01	0,061	6,5·10 ⁻⁴	1,2·10 ⁻⁴	3,3·10 ⁻⁵	47,87	0,14	1,6·10 ⁻⁵	2,9·10 ^{-7*}	0,051	0,15	0,0011	6,8·10 ⁻⁵

Таблица 4

Среднее содержание химических элементов (в $10^{-4}\%$) в горных породах верхней части континентальной коры.
Подгруппы меди и цинка, скандий, иттрий, легкие лантаноиды

	Cu	Ag	Au	Zn	Cd	Hg	Sc	Y	La	Ce	Pr	Nd
Горные породы, слои												
Пески и песчаники	31	0,019	0,0083	57	0,74	0,049	5,4	29	20	39	4,3	16
Глины, глинистые сланцы	36	0,2	0,0065	52	1	0,089	15	31	48	75	10	36
Карбонатные породы	21	0,046	0,0026	5	0,47	0,038	1,7	30	7	12	2,6	6,6
Кремнистые породы	7	0,02	0,002	3	0,12	0,068	4,8	Не опр.	16	15	Не опр.	7
Эвапориты	Не опр.	0,08	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,033	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Осадочные породы	31	0,12	0,006	43	0,8	0,068	9,6	29	32	52	6,8	24
Кислые вулканы	15	0,15	0,0045	35	0,3	0,058	4,2	24	31	58	10	27
Средние вулканы	44	0,1	0,0023	31	0,15	0,049	15	19	28	50	4	20
Основные вулканы	73	0,12	0,003	85	0,14	0,061	31	25	19	43	4,7	21
Вулканы в целом	57	0,12	0,003	62	0,16	0,057	23	23	23	47	5,1	21
ОСАДОЧНЫЙ СЛОЙ	35	0,12	0,0056	46	0,7	0,066	12	28	30	51	6,6	24
Граниты	10	0,038	0,0027	39	0,17	0,06	6,5	50	48	72	7,4	31
Гранодиориты	29	0,056	0,0028	59	0,11	0,052	13	36	51	75	6,4	23
Базиты	92	0,11	0,0035	110	0,19	0,07	30	23	17	48	5	22
Сиситы	5	0,05	0,002	130	0,13	Не опр.	3	17	45	95	10	42
Ультрабазиты	10	0,06	0,006	46	0,05	0,007	12	2	3,9	8,6	1,4	4,8
Магматические породы	24	0,051	0,0028	53	0,16	0,059	11	43	45	70	6,9	28
Метасчаники	44	0,16	0,0095	61	Не опр.	0,1	5,4	15	22	37	5,2	24
Парагнейсы, сланцы	52	0,16	0,0064	120	Не опр.	0,1	16	24	32	76	11	36
Карбонатные породы	21	0,11	0,001	59	Не опр.	0,031	1,8	4	26	51	4,6	23
Железистые породы	57	0,044	0,012	130	Не опр.	0,045	Не опр.	20	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Параметаморфиты	50	0,16	0,0065	113	0,2*	0,097	14,5	23	31	71	10	34
Гранито-гнейсы	29	0,12	0,008	63	0,14	0,058	21	17	33	65	11	32
Метармолиты	28	0,014	0,0022	120	Не опр.	Не опр.	9	53	20	43	3,1	11
Метандезиты	39	0,11	0,0029	100	Не опр.	Не опр.	9	24	34	69	Не опр.	Не опр.
Метабазиты	86	0,23	0,0056	120	Не опр.	0,049	33	24	12	26	3,2	13
Ортометаморфиты	36	0,13	0,0074	72	0,14*	0,053	22	19	30	60	9,5	28
ГРАНИТНО-ГНЕЙСОВЫЙ СЛОЙ	41	0,13	0,0062	88	0,17	0,074	16,5	25	33	67	9,4	31
Верхняя часть коры	39	0,13	0,0061	78	0,3	0,072	15	26	32	63	8,7	29

Таблица 5
Среднее содержание химических элементов (в $10^{-4}\%$) в горных породах верхней части континентальной коры. Средние и тяжелые лантаноиды

Горные породы, слои	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Пески и песчаники	3,8	0,84	2,8	0,7	2,9	1,9	2,3	1,7	1,8	0,83
Глины, глинистые сланцы	8	1,2	5,8	0,83	4,4	0,7	1,9	0,6	2,5	0,39
Карбонатные породы	1,9	0,5	1,5	0,38	2,9	0,35	0,75	0,14	0,9	0,11
Кремнистые породы	Не опр.	0,28	Не опр.	0,22	1,5	Не опр.	Не опр.	0,4	2	Не опр.
Эвапориты	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Осадочные породы	5,5	0,94	4	0,69	3,6	0,92	1,7	0,78	2	0,44
Кислые вулканы	5,2	1,5	5	0,82	6	1,7	3,6	1	2,5	0,55
Средние вулканы	4,3	1,2	4,5	0,71	3	0,72	2,1	0,4	2	0,32
Основные вулканы	5,1	1,6	5,1	0,95	5,1	1,3	2,6	0,4	2,3	0,46
Вулканы в целом	4,9	1,5	4,9	0,86	4,6	1,2	2,6	0,47	2,2	0,43
ОСАДОЧНЫЙ СЛОЙ	5,4	1	4,2	0,72	3,8	0,96	1,9	0,73	2	0,44
Граниты	7,5	1,4	6,8	1,1	5	1,3	3,1	0,3	4	0,9
Гранодиориты	8,2	1,4	1,4	1,3	5,2	1,9	3,8	0,3	3,6	1,1
Базиты	5,3	1,3	5,2	0,83	2,5	0,99	2,2	0,25	2	0,5
Сиециты	10	1,8	10	1,6	7	2	4,4	0,44	4,3	1,2
Ультрабазиты	0,83	0,24	0,93	0,2	0,28	0,16	0,35	0,06	0,48	0,07
Магматические породы	7,4	1,4	5,2	1,1	4,8	1,4	3,2	0,29	3,7	0,9
Металесчаники	3,4	0,76	4,3	0,48	4,9	1	2,7	0,38	1,6	0,26
Парагнейсы, сланцы	6,4	1,4	7,5	0,94	5,7	2,8	3,2	0,6	2,5	0,54
Карбонатные породы	2,4	0,6	2,2	0,15	2,1	0,28	0,9	0,5	0,7	0,1
Железистые породы	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	4,5	Не опр.
Параметаморфиты	6	1,3	7	0,87	5,5	2,5	3	0,57	2,4	0,5
Гранито-гнейсы	5,1	1,5	8,1	0,94	5,2	1,3	2,9	0,26	2,2	0,38
Метариолиты	2,7	1,3	3,9	0,68	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	3,8	Не опр.
Метаандзиты	2,6	1,5	Не опр.	1,5	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	3,5	0,51
Метабазиты	3,7	1,4	3,9	0,88	4,2	1	2,5	0,46	2,9	0,48
Ортометаморфиты	4,8	1,5	7,2	0,95	4,8	1,2	2,7	0,27	2,4	0,39
ГРАНИТНО-ГНЕЙСОВЫЙ СЛОЙ	5,8	1,4	6,8	0,94	5,1	1,9	2,9	0,41	2,6	0,53
Верхняя часть коры	5,7	1,3	6,2	0,89	4,8	1,6	2,7	0,49	2,5	0,51

Таблица 6

Среднее содержание химических элементов (по 10⁻⁴%) в горных породах верхней части континентальной коры.
Актиноиды, подгруппы титана, ванадия и хрома

	Th	U	Ti	Zr	Hf	V	Nb	Ta	Cr	Mo	W
Горные породы, слои											
Пески и песчаники	7,8	2,3	3500	230	4,5	75	6,4	1	55	1,5	1,6
Глины, глинистые сланцы	10	4,5	5100	190	5	120	11	1,4	76	1,6	2,6
Карбонатные породы	2,4	2,1	790	51	0,61	49	0,8	0,1	20	1,6	1,2
Кремнистые породы	3,4	5	1700	19	1,5	Не опр.	Не опр.	0,3	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Эвапориты	0,7	0,68	Не опр.	33	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Осадочные породы	7,7	3,4	3740	170	3,9	91	7,6	1	58	1,5	2
Кислые вулканиды	13	4,5	1600	110	4,1	60	26	1,8	8,5	3,4	1,4
Средние вулканиды	4,1	1,1	4600	110	3,6	71	19	1	30	2	1,4
Основные вулканиды	2,7	0,86	7100	110	3,7	220	10	0,8	130	1,9	1,1
Вулканиды в целом	4,4	1,4	5670	110	3,7	160	15	1	85	2,1	1,2
ОСАДОЧНЫЙ СЛОЙ	7,2	3,1	4040	160	3,9	100	8,7	1	62	1,6	1,9
Граниты	18	3,9	1800	180	3,9	38	21	3,6	5,6	1,5	2,2
Гранодиориты	9,9	2,7	3800	140	2,5	91	20	2,8	22	1	1,6
Базиты	3,2	0,8	6600	130	2,6	240	19	0,74	180	1,4	0,8
Сиениты	13	3	4000	500	11	30	35	2,1	2	1,1	1,3
Ультрабазиты	0,004	0,001	3600	43	0,46	42	13	0,41	2000	0,3	0,3
Магматические породы	14	3,2	2870	160	3,4	75	20,5	3	37	1,4	1,9
Метасланцы	7,7	1,7	2900	170	4,7	80	7,1	0,45	130	1,3	1,5
Парагнейсы, сланцы	9,2	2,3	3500	150	5,5	180	15	1,1	330	1,5	2,2
Карбонатные породы	1,7	0,7	480	32	Не опр.	31	1,4	0,3	38	0,9	2,9
Железистые породы	-	Не опр.	1800	30	Не опр.	35	14	0,3	36	4	Не опр.
Параметаморфиты	8,7	2,2	3330	150	5,2	170	14	1	300	1,5	2,1
Гранито-гнейсы	10	2,4	2900	190	5,1	86	9,8	1,6	61	1,3	3,8
Метариолиты	9,5	Не опр.	2300	170	7,6	42	14	1,2	33	1,2	Не опр.
Метаандезиты	16	Не опр.	4600	160	Не опр.	110	8,1	1,3	47	2,2	Не опр.
Метабазиты	3,9	0,9	5300	110	2,3	240	6,8	0,56	350	1,2	4
Ортометаморфиты	9,5	2,1	3230	180	4,6	100	9,5	1,5	94	1,3	3,6
ГРАНИТНО-ГНЕЙСОВЫЙ СЛОЙ	10	2,3	3220	160	4,7	130	13	1,5	180	1,4	2,6
Верхняя часть коры	9,3	2,5	3410	160	4,5	120	12	1,4	150	1,5	2,5

Возможное среднее содержание платиноидов ($\text{пх}10^{-6}\%$) в некоторых из важнейших горных породах верхней части континентальной коры

Горные породы	Ru	Rh	Pd	Os	Ir	Pt
Пески и песчаники	0,65	0,5	14?	Не опр.	Не опр.	3
Глины, сланцы	0,85	1,1	6,2	Не опр.	Не опр.	1,4
Средние вулканы	Не опр.	Не опр.	0,6	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Основные вулканы	0,22	0,1	0,7	-	0,09	0,7
Граниты	Не опр.	Не опр.	0,3	0,004	0,004	0,8
Гранодиориты	1,7	0,16	0,6	Не опр.	0,004	Не опр.
Базиты	5,6	Не опр.	3	0,05	0,03	7
Ультрабазиты	2,3	0,5	2	Не опр.	0,2	14
Метапесчаники	Не опр.	1,3	97?	Не опр.	Не опр.	38
Парагнейсы, сланцы	-	3,4	160?	Не опр.	Не опр.	9
Метабазиты	1,8	1,3	60?	Не опр.	0,27	33

но среднее содержание: С1 в эвапоритах, Но, Тм, Lu в песках и песчаниках, Yb в кремнистых сланцах, Th в метаандезитах, Hg в метапесчаниках, Hg и Ni парагнейсах и парасланцах, As в карбонатных метаморфических породах. Возможно преуменьшено среднее содержание: S в эвапоритах, C в терригенных породах и продуктах их метаморфизма, H, Но, Ег, Lu в глинах и глинистых сланцах, Lu в гранито-гнейсах, In в горных породах осадочного слоя, Se в магматических породах, Те в большинстве горных пород. Данные о платиноидах (табл. 7) вообще дают лишь самое первое представление о возможном уровне их содержания в горных породах верхней части континентальной коры.

Для уточнения и дополнения данных о кларковом содержании химических элементов в верхней части континентальной коры необходимы: разработка более совершенной и детальной ее модели и накопление дополнительных данных о содержании химических элементов в горных породах.

Заключение

Дополнены и уточнены данные о среднем содержании химических элементов в верхней части континентальной коры и в слагающих ее горных породах. Для дальнейшего их дополнения и уточнения необходима разработка более совершенной модели строения земной коры и накопление дополнительных аналитических данных.

Список литературы

- Беус А.А. Геохимия литосферы. М.: Недра, 1981. 335 с.
- Борисенко Л.А. Геохимия галлия. М.: Изд. МГУ, 1971. 230.
- Галимов Э.М. Способность к предвидению – свойство, выделившее Человека в биосфере // Вестник РАН, 2001. Т. 1. № 7. С. 611-614.
- Горбов А.Ф. Геохимия бора. Л.: Недра, 1976. 207 с.
- Григорьев Н.А. Среднее содержание минералов в важнейших группах магматических пород гранитно-метаморфического слоя // Уральский геологический журнал, 2000. № 1. С. 47-58.
- Григорьев Н.А. Среднее содержание щелочных и щелочноземельных элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры // Уральский геологический журнал, 2001. № 1. С. 25-44.
- Гроховская Т.Л., Шарков Е.В., Смолькин В.Ф. и др. Платиноносность расслоенного интрузива Горы Генеральской (Кольский полуостров) // Платина России. Т. 3. М.: Геоинформмарк, 1999. С. 153-161.
- Дегенхардт Х. О геохимическом распределении циркония в литосфере // Геохимия редких элементов. М.: ИЛ, 1959. С. 157-208.
- Додин Д.А. Платиноносные месторождения России: минералогия, геохимия, модели формирования // Платина России. Т. 4. М.: Геоинформмарк, 1999. С. 5-21.
- Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. Кн. 5. М.: Недра, 1997. 576 с.
- Лутц Б.Г. Химический состав континентальной коры и верхней мантии Земли. М.: Наука, 1975. 167 с.

Овчинников Л.Н. Прикладная геохимия. М.: Недра, 1990. 248 с.

Пачаджанов Д.Н. Распространенность платиноидов в некоторых горных породах и рудах Таджикистана // Доклады АН СССР, 1985. Т. 280. № 6. С. 1422-1424.

Додин Д.А., Чернышов Н.М., Полферов Д.В., Тарновецкий Л.Л. Платинометальные месторождения Мира. Т. 1. М.: Геоинформмарк, 1994. 279 с.

Ронов А.Б., Ярошевский А.А., Мигдисов А.А. Химическое строение земной коры и геохимический баланс главных элементов. М.: Наука, 1990. 182 с.

Рыбаков С.И., Голубев А.М., Лавров М.М. и др. Новые данные по платиноносности Карелии // Платина России. Т. 2. Кн. 2. М.: Геоинформмарк, 1995. С. 3-9.

Салихов Д.Н. Платина палладий и иридий в габбро-базальтовых породах Магнитогорского мега-синклиория. // Микроэлементы в магматических и метаморфических породах Урала. Уфа: БФАН СССР, 1987. С. 4-9.

Солодов Н.А., Бурков В.В., Овчинников Л.Н. Геологический справочник по легким литофильным металлам. М.: Недра, 1986. 287 с.

Хвостова В.П., Головня С.В., Чернышова Н.В. Металлы платиновой группы в основных кристаллических сланцах гранулитового комплекса Сальных Тундр (Кольский полуостров) // Геохимия, 1975. № 5. С. 748-787.

El Wardani S.A. On the Geochemistry of Germanium // Geoch. et Cosmoch. Acta, 1957. V. 13. № 1. P. 5-19.

Shav D.M. The Geochemistry of Thallium // Geoch. et Cosmoch. Acta, 1952. V. 2. № 2. P. 118-154.

Shav D.M. The Geochemistry of Indium // Geoch. et Cosmoch. Acta, 1952. V. 2. № 3. P. 185-206.

Wedepohl K.H. The Composition of the Continental Crust // Geoch. et Cosmoch. Acta, 1995. V. 59. № 7. P. 1217-1232.

Рецензент Паняк С.Г.