

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАДМИЯ
В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЫ

© 2013 г. Н. А. Григорьев

*Институт геологии и геохимии УрО РАН
620075, г. Екатеринбург, пер. Почтовый, 7
E-mail: root@igg.E-burg.Su*

Поступила в редакцию 12.12.2011 г.

Распределение Cd в верхней части континентальной коры определено по модели А.Б. Ронова с соавторами. Среднее содержание Cd в верхней части континентальной коры – $1.4 \cdot 10^{-5}\%$. Среднее содержание Cd в гранитах $3.2 \cdot 10^{-5}\%$. Среднее содержание Cd в минералах, %: в метациннабарите – 11.64, в сфалерите – 0.5, в блеклых рудах – 0.075, в борните – 0.037, в галените – 0.03, в халькопирите – 0.0089. В этих минералах сконцентрировано: в метациннабарите – 0.0006, в сфалерите – 1.64, в блеклых рудах – 0.0005, в борните – 0.00058, в галените – 0.04, в халькопирите – 0.07% всей массы Cd.

Ключевые слова: кадмий, содержание, массы, распределение, горные породы, минералы, верхняя часть континентальной коры.

Настоящая работа – детализация, уточнение и дополнение данных главы 10 монографии [13]. В расчетах использованы заимствованные из этой монографии данные о среднем содержании минералов-концентраторов Cd в верхней части континентальной коры.

СРЕДНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
МАССЫ Cd В ВАЖНЕЙШИХ ГРУППАХ
ГОРНЫХ ПОРОД И В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ
КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЫ

Расчеты выполнены по модели А.Б. Ронова и др. [40]. При первом расчете [12] средние содержания Cd в магматических породах гранитно-гнейсового слоя приняты по [38]; в остальных горных породах – определены приблизительно по результатам единичных или немногочисленных анализов, опубликованных до 2000 г. Здесь (табл. 1) приведены результаты нового расчета. Главные источники исходных данных: осадочные породы [1, 20, 28, 30, 31, 44, 49, 52, 57]; вулканогенные породы осадочного слоя [10, 48, 52, 59]; магматические породы гранитно-гнейсового слоя [20, 23, 26, 36, 39, 41, 43, 48, 50, 52, 54, 58, 59]; метаморфические породы [9, 21, 39, 49, 52, 58, 59]. Аттестованные содержания Cd в стандартах гранитов СГ-1А и G1 [20], условно учтены как средние из 50 анализов. Содержание Cd в стандартных образцах: траппов – СТ-1А и альбитизированного гранита – СГ-2 [26], а также средние содержания Cd в различных горных породах, опубликованные без указания количества проанализированных проб, условно учтены как средние 10 анализов. Не учтены результаты анализов: горных пород из месторождений, рудопроявлений,

литогеохимических ореолов; 95 проб осадочных пород Тувы, содержащих <0.0001 – 0.12% Cd и кадмиевую минерализацию [7]; липаритов, обсидианов и перлитов Армении с содержанием Cd 0.0002 – 0.0003% [22]; щелочного гранита из Нигерии с содержанием Cd 0.008% [50]; углеродистых сланцев [34]; всех проб метаультрабазитов с содержанием Cd 0.0003 – 0.0014% . Кроме того, не учтены данные, опубликованные без указания на то, в каких величинах они выражены [17].

Новая величина среднего содержания Cd в верхней части континентальной коры – $1.4 \cdot 10^{-5}\%$ (табл. 1). Она меньше, величины – $6.4 \cdot 10^{-5}\%$ [13], но больше величин $7.5 \cdot 10^{-6}$ – $1.02 \cdot 10^{-5}\%$, публиковавшихся в последние 50 лет другими исследователями [56]. Максимальное среднее содержание Cd – $3.2 \cdot 10^{-6}\%$ установлено в гранитах. Среднее содержание Cd в осадочных породах в 1.6 раза больше того, которое могло быть заимствовано при выветривании гранитно-гнейсового слоя современного состава ($1.06 \cdot 10^{-5}\%$ – по расчету изоальюминиевым методом). Однако, далеко идущие выводы преждевременны, поскольку данные о среднем содержании Cd в горных породах, и особенно в наиболее распространенных – метаморфических, оставляют желать лучшего.

О МИНЕРАЛЬНОМ БАЛАНСЕ Cd
В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Опубликованы результаты трех попыток определения минеральных балансов Cd в горных породах. Во всех случаях суммарные массы Cd, сосредоточенные в исследованных минералах, оказались меньше его масс имевшихся в исходных

Таблица 1. Содержание Cd и распределение его массы в верхней части континентальной коры

Горные породы (в скобках количество учтенных проб)	Масса пород, %	Содержание Cd, $\text{н} \cdot 10^{-4}\%$: среднее и (от-до)	Доли массы Cd, %
Пески и песчаники (284)	5.11	0.091 (0.014–1.2)	3.32
Глины и глинистые сланцы (633)	10.4	0.23 (0.01–11)	17.09
Карбонатные породы (63)	3.85	0.13 (0.068–0.16)	3.57
Кремнистые породы	0.33	0.1*	0.24*
Эвапориты	0.26	Н. опр.	Н. опр.
Кислые вулканы (57)	0.44	0.17 (0.01–0.5)	0.53
Средние вулканы (29)	1.13	0.085 (0.017–0.58)	0.69
Основные вулканы (353)	2.11	0.2 (0.006–7)	3.01
Граниты (244)	8.21	0.32 (0.001–5.8)	18.77
Гранодиориты (64)	3.38	0.26 (0.01–2)	6.28
Базиты (110)	1.5	0.21 (0.001–7)	2.25
Сиениты (119)	0.05	0.28 (0.03–8)	0.1
Ультрабазиты (56)	0.05	0.081 (<0.001–0.3)	0.03
Метапесчаники	2.92	0.07*	1.46
Парагнейсы и парасланцы (88)	30.56	0.1 (0.065–0.11)	21.83
Метакарбонатные породы	1.13	0.05*	0.4*
Железистые породы	0.38	Н. опр.	Н. опр.
Гранито-гнейсы (27)	23.21	0.1	16.58
Метариолиты	0.66	0.1*	0.47*
Метаандезиты	1.03	0.1*	0.74*
Метабазиты (64)	3.29	0.12 (0.01–1)	2.83
Верхняя часть континентальной коры	100	0.14	100.17
Осадочные породы	19.95	0.17 (0.01–11)	24.22
Вулканы осадочного слоя	3.68	0.15 (0.006–7)	4.23
Осадочный слой	23.63	0.17 (0.006–11)	28.45
Магматиты гранитно-гнейсового слоя	13.19	0.29 (<0.001–8)	27.42
Параметаморфические породы	34.99	0.095 (0.065–0.11)	23.69
Оргоматоморфические породы	28.19	0.1 (0.01–1)	20.61
Гранитно-гнейсовый слой	76.37	0.13 (<0.001–8)	71.72

Примечание. * – предполагаемые величины

Таблица 2. Результаты попыток определений минерального баланса Cd в магматических породах

Минералы	5181			62–671			62–1031		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Тi-магнетит	4.5	0.3	3	3.9	0.062	3	2.6	0.076	3.7
Ильменит	5.5	0.13	2	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
Оливин	13	0.37	12	41.4	0.078	40.4	не опр.	не опр.	не опр.
Пироксен	23	0.43	24	23.4	0.016	4.7	22.5	0.1	41.7
Плагноклаз	54	0.15	20	19.8	0.015	3.7	33.8	0.037	23.2
В породе	100	0.41	61	88.5	0.08	51.8	58.9	0.054	68.6

Примечание. Образцы: 5181 – гортонолитовое феррогаббро Скаергаардской интрузии [58]. 62–671 – пикритовый габбро-долерит Черногорской интрузии и 62–1031 – габбро-пегматит Кайерканской интрузии [36]. Здесь и в табл. 3: 1 – минеральный состав проб, %; 2 – содержание Cd – в минералах и горных породах, $\text{н} \cdot 10^{-4}\%$; 3 – доли массы Cd в минералах и их сумма, %; не опр. – не определяли.

горных породах (табл. 2). Предполагалось, что не учтенные доли массы Cd находились преимущественно в непроанализированных сульфид-ах [36]. В пользу этого косвенно свидетельствуют результаты изучения скарнов месторождений Турьинской группы на Северном Урале (табл. 3). Тем не менее, вопрос о минеральном балансе Cd в распространенных горных породах остается открытым.

О МИНЕРАЛАХ-КОНЦЕНТРАТОРАХ Cd

Данных о содержании кадмиевых минералов в распространенных горных породах нет.

Опубликованы результаты определений содержания Cd больше чем в 100 не кадмиевых минералах. Главные публикации. [2, 3, 4–6, 8, 11, 14–16, 18, 19, 24, 25, 27, 29, 32–37, 42, 45, 46, 51–53, 55, 58]. Анализировали минералы: породообразующие – преи-

Таблица 3. Минеральный баланс Cd в метасоматитах Богословского и Ново-Песчанского скарновых месторождений на Северном Урале, Турьинская группа [11]

Минералы	Бо-8821			НП-8806		
	1	2	3	1	2	3
Сфалерит	0.004	800	32	не обн.	не опр.	не опр.
Пирротин	0.64	0.11	2	не обн.	не опр.	не опр.
Халькопирит	0.011	3.9	30	0.43	12	15
Пирит	0.76	не опр.	не опр.	0.57	не опр.	не опр.
Магнетит	не обн.	не опр.	не опр.	1.2	1.4	4
Кварц	41	0.03	27	13	0.2	6
Кальцит	49	не опр.	не опр.	52	0.26	30
Андрадит	0.4	не опр.	не опр.	32	0.52	37
Эпидот	5.4	0.13	7	не обн.	не опр.	не опр.
Хлорит	2.3	не опр.	не опр.	0.7	не опр.	не опр.
В метасоматите	99.515	0.1	98	99.9	0.45	110

мущественно из обычных горных пород, аксессуарные – из месторождений и рудопроявлений полезных ископаемых. Исключение – анализы проб пирита из метавулканитов [2]. Опубликованные сведения преимущественно некорректные. Как правило, нет данных о валовом содержании Cd в рудах и горных породах, из которых выделены исследованные минералы и не всегда указано количество проанализированных проб. Иногда приведены лишь минимальные и максимальные значения содержания Cd без указания среднего, или наоборот средние величины содержания Cd без указания минимальных и максимальных его значений. Возможности использования подобных данных ограниченные.

Согласно 60 микроанализам метациннабрита [8], содержание Cd в нем – 0.75–18.8%. Среднее – 11.64%. Даже если эта цифра не преувеличена, то в метациннабрите сконцентрировано всего 0.0006% той массы Cd, которая находится в верхней части континентальной коры. Содержанием Cd больше 0.04% – минимального для максиминералов [11] характеризуются: сфалерит и блеклые руды. В сфалерите генеральное среднее содержание Cd, по В.В. Иванову [20], – 0.27%. При новом расчете учтены анализы 902 проб с содержанием Cd <0.01–2.98%. Главные источники данных [3–5, 14, 18, 19, 24, 25, 27, 29, 37, 42, 46, 51, 53]. Не учтены результаты анализов 15 проб Cd-сфалерита, с содержанием Cd – 5.82–22.28% [24, 25, 51]. По расчету, среднее содержание Cd в сфалерите – 0.5%; сконцентрированная в сфалерите доля массы Cd составляет 1.64% от имеющейся в верхней части континентальной коры. В блеклых рудах среднее содержание Cd, по В.В. Иванову [20], – 0.27%. При новом расчете учтены 178 микроанализов [4, 5, 32, 33, 55]. Содержание Cd <0.01–0.52%, среднее – 0.075%. Соответствующая ему доля массы Cd, сконцентрированная в блеклых рудах – 0.0005%.

К важнейшим минералам-концентраторам относятся: борнит, галенит и халькопирит. Борнит. Среднее содержание Cd, по В.В. Иванову, – 0.037%. Ему соответствует доля массы Cd, сконцентриро-

ванная в борните – 0.0058%. Галенит. Учтены анализы 131 пробы с содержанием Cd 0.0026–0.3% [4, 6, 37, 46]. В учтенных пробах среднее содержание Cd – 0.03%. Соответствующая ему доля массы Cd, сконцентрированная в галените – 0.04%. Халькопирит. Содержание – <0.001–0.17% [4, 6, 19, 20, 46]. Среднее содержание Cd – 0.0089% [20]. Соответствующая ему доля массы Cd, сконцентрированная в халькопирите – 0.07%.

Содержание Cd в органических веществах из широко распространенных горных пород не известно. В бурых и каменных углях среднее содержание Cd соответственно: $2.4 \cdot 10^{-5}$ и $2 \cdot 10^{-5}\%$. Предполагается, что часть Cd находится здесь во включениях сульфидов [47]. Судя по этим данным, в масштабах верхней части континентальной коры органические вещества не являются концентраторами Cd.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

Учтенные при расчетах значения содержания Cd в горных породах варьируют от $<1 \cdot 10^{-7}\%$ до 0.0011%. Не учтенные – до 0.12%. Изученных объектов и проанализированных проб не достаточно для корректного учета таких вариаций. Данных о вариациях содержания Cd в некоторых горных породах вообще нет. Поэтому приведенные выше цифры среднего содержания Cd в горных породах дают лишь первое представление об истинной ситуации. Опубликованные величины среднего содержания Cd в верхней части континентальной коры варьируют в зависимости от того, какие результаты конкретных анализов горных пород были признаны аномальными и не включены в расчет. Надеюсь, что новая величина – $1.4 \cdot 10^{-5}\%$ несколько уменьшена, но наиболее близка к истине. Данные о распределении массы Cd в ассоциации горных пород, представляющих верхнюю часть континентальной коры также ориентировочные.

Все проанализированные пробы минералов-концентраторов Cd взяты из месторождений полезных ископаемых и из литогеохимических ореолов. Поэ-

тому полученные цифры среднего содержания Cd в минералах-концентраторах возможно преувеличены. Тем не менее, они позволили составить первое представление о вероятной роли сфалерита и других главных минералов-концентраторов как носителей Cd в верхней части континентальной коры.

ВЫВОДЫ

Среднее содержание Cd в верхней части континентальной коры – $1.4 \cdot 10^{-5}\%$. Максимальное среднее содержанием Cd – $3.2 \cdot 10^{-5}\%$ установлено в гранитах. Среднее содержание Cd в минералах-концентраторах, %: метациннабарите – 11.64, сфалерите – 0.5, блеклых рудах – 0.075, борните – 0.037, галените – 0.03, халькопирите – 0.0089. Из всей массы Cd, имеющейся в верхней части континентальной коры, в этих минералах сконцентрировано: в метациннабарите – 0.0006, в сфалерите – 1.64, в блеклых рудах – 0.0005, в борните – 0.0058, в галените – 0.04, в халькопирите – 0.07%. Все приведенные данные нуждаются в уточнении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникиев В.В., Шумилин Е.Н., Дударев О.В. и др. Пространственная изменчивость литологических характеристик и химических элементов в донных осадках шельфа Южно-Китайского моря, примыкающего к дельтам рек Меконг-Сайгон // Геохимия. 2004. № 12. С. 1301–1318.
2. Аюпова Н.Р. Элементы-примеси в пирите из вулканитов Фестивального участка Александринского Колчедановосного района (Южный Урал) // Уральский минералогический сборник. № 16. Миасс–Екатеринбург: ИМин УрО РАН, 2009. С. 146–153.
3. Аюпова Н.Р., Сафина Н.П., Масленников В.В. и др. Элементы-примеси в пирите из вулканитов Фестивального участка Александринского колчедановосного района (Южный Урал) // Уральский минералогический сборник. № 15. Миасс–Екатеринбург: ИМин УрО РАН, 2008. С. 90–99.
4. Бадалов С.Т., Голованов И.М., Дудин-Барковская Э.А. Геохимические особенности рудообразующих элементов Чаткало-Кураминских гор. Ташкент: ФАН, 1971. 228 с.
5. Бадалов С.Т., Еникеев М.Р. К геохимии кадмия в Алмалыкском и Алтын-Топканском рудных полях Карамазара // Геохимия. 1959. № 4. С. 328 – 335.
6. Бадалов С.Т., Еникеев М.Р., Королева Н.Н. Сравнительная геохимическая характеристика эндогенного оруденения Алмалыкского и Алтын-Топканского рудных районов Карамазара (Уз ССР и Тадж ССР) // Минералогия, Геохимия и Петрография. Научные тр. Ташкентского госуниверситета. Вып. 372. 1970. С. 8–15.
7. Бурьянова Е.З. К минералогии и геохимии кадмия в осадочных породах Тувы // Геохимия. 1960. № 2. С. 177–182.
8. Васильев В.И. Новые данные о составе метациннабарита и ртутистого сфалерита с изоморфной примесью кадмия // Геология и геофизика. 2011. Т. 52, № 7. С. 896–905.
9. Волчек Е.Н., Червяковский В.С. Вещественный состав долеритов даек в верхнедевонских отложениях р. Исети // Ежегодник-2009. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 157. 2010. С. 113–115.
10. Волчек Е.Н., Червяковский В.С. Геохимические особенности андезитов восточной зоны Среднего Урала // Ежегодник-2010. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 158. 2011. С. 86–90.
11. Григорьев Н.А. Введение в минералогическую геохимию. Екатеринбург: УрО РАН, 1999. 302 с.
12. Григорьев Н.А. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры // Геохимия. 2003. № 7. С. 785–792.
13. Григорьев Н.А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2009. 382 с.
14. Добровольская М.Г., Балашова С.П., Заозерина О.Н., Голованова Т.И. Минеральные парагенезисы и стадии рудообразования в свинцово-цинковых месторождениях Дальнегорского рудного района (Южное Приморье) // Геология рудных месторождений. 1993. Т. 35, № 6. С. 493–519.
15. Ерохин Ю.В., Захаров А.В. Полихромные турмалины и лепидолит из редкометальных гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) // Ежегодник-2010. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 158. 2011. С. 135–139.
16. Захаров А.В., Ерохин Ю.В., Каверина В.П. Геохимия полихромных турмалинов из гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) // Уральская минералогическая школа-2010. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. С. 69–72.
17. Зорина С.О., Месхи А.М., Минько О.М. и др. Основные черты мезозойского литогенеза и минерогенеза северо-востока Ульяновско-Саратовского прогиба (юго-запад Республики Татарстан) // Проблемы литологии, геохимии и рудогенеза осадочного процесса. Т. 1. М.: ГЕОС, 2000. С. 292–295.
18. Иваницкий Т.В., Гварамдзе Н.Д. К вопросу содержания и распределения некоторых рассеянных элементов в главнейших сульфидах свинцово-цинковых и полиметаллических месторождений Грузии // Геохимия. 1960. № 2. 139–148.
19. Иванов В.В. Новые данные по геохимии акцессорных элементов в касситерито-сульфидных рудах // Вопросы минералогии и геохимии редких элементов. Тр. ИМГРЭ. Вып. 7. 1961. С. 26–49.
20. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. Кн. 5. М.: Недра, 1997. 576 с.
21. Иванов К.С., Ерохин Ю.В. Позднеордовикские вулканиты из офиолитовой ассоциации фундамента Шаимского района (Западная Сибирь) // Ежегодник-2009. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 157. 2010. С. 134–137.
22. Карапетян С.Г., Меликсетян Б.М. Геохимические особенности перлитов месторождений Армянской ССР // Перлиты. М.: Наука, 1981. С. 97–114.
23. Ковалев С.Г. Новые данные по геохимии диабаз-пикритового магматизма западного склона Южного Урала и условия его формирования // Литосфера. 2011. № 2. С. 68–83.

24. Коваленкер В.А., Лапутина И.П., Знаменский В.С., Зотов И.А. Индиевая минерализация Большой Курильской островной дуги // Геология рудных месторождений. 1993. Т. 35, № 6. С. 547–552.
25. Коваленкер В.А., Маслов В.С., Вьяльсов Л.Н. Типоморфные особенности сфалерита из медно-никелевых месторождений Талнахского рудного узла // Состав и структура минералов как показатель их генезиса. М.: Наука, 1978. С. 158–164.
26. Лонцих С.В., Петров Л.Л. Стандартные образцы природных сред. Новосибирск: Наука, 1988. 276 с.
27. Малахов А.А. О топоморфических комплексах элементов в минералах (на примере сфалерита) // Геохимия. 1966. № 5. С. 559–570.
28. Маслов А.В., Гражданкин Д.В., Ронкин Ю.Л. и др. Пепловые туфы в отложениях сыльвицкой серии верхнего венда (Кваркушско-Каменогорский мегантиклинорий, Средний Урал) // Литосфера. 2006. № 3. С. 45–70.
29. Мейтүв Г.М. Особенности процесса рудообразования и редкие элементы в рудах свинцово-цинковых месторождений Кличкинского рудного района // Редкие элементы в сульфидных месторождениях. Тр. ИМГРЭ. Вып. 10. 1963. С. 209–229.
30. Мизенс Г.А. Некоторые особенности распределения малых элементов в верхнепалеозойских красноцветных формациях востока Урала // Ежегодник-2010. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 158. 2011. С. 61–64.
31. Мизенс Г.А., Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П., Попова О.Ю. Редкие и редкоземельные элементы в девонских обломочных комплексах Магнитогорской мегазоны Южного Урала // Геохимия. 2006. № 5. С. 501–521.
32. Мозгова Н.Н., Цепин А.И. Блеклые руды. М.: Недра, 1983. 280 с.
33. Молошаг В.П., Грабежеев А.И., Викентьев И.В., Гуляева Т.Я. Фации рудообразования колчеданных месторождений и сульфидных руд медно-золото-порфириновых месторождений Урала // Литосфера. 2004. № 2. С. 30–51.
34. Молошаг В.П., Золотов К.К., Додин Д.А. Особенности минералообразования благородных металлов в рудах колчеданных месторождений и черносланцевых толщ Урала // Литосфера. 2008. № 3. С. 76–101.
35. Мурзин В.В., Сазонов В.Н., Ронкин Ю.Л. Модель формирования Воронцовского золоторудного месторождения на Урале (Карлинский тип): новые данные и проблемы // Литосфера. 2010. № 6. С. 66–73.
36. Нестеренко Г.В., Альмухамедов А.И. Геохимия дифференцированных траппов (Сибирская платформа). М.: Наука, 1973. 197 с.
37. Нечелюстов Н.В., Попова Н.Н., Минцер Э.Ф. Распределение элементов-примесей в процессе гипогенного минералообразования в свинцово-цинковых и медно-молибденовых месторождениях Карамазара // Тр. ИМГРЭ АН СССР. Вып. 5. 1961. С. 3–42.
38. Овчинников Л.Н. Прикладная геохимия. М.: Недра, 1990. 248 с.
39. Пушкарев Е.В., Рязанцев А.В., Третьяков А.А. и др. Гранатовые ультрамафиты и мафиты в зоне Главного уральского разлома на Южном Урале: петрология, возраст и проблема образования // Литосфера. 2010. № 5. С. 101–133.
40. Ронов А.Б., Ярошевский А.А., Мигдисов А.А. Химическое строение земной коры и геохимический баланс главных элементов. М.: Наука, 1990. 182 с.
41. Санделл Э.Б., Гольдич С.С. Редкие металлы некоторых американских изверженных пород // Редкие элементы в изверженных горных породах и минералах. М.: ИЛ, 1952. С. 183–227.
42. Сафина Н.П., Масленников В.В. Состав и продукты придонного преобразования обломочных сульфидных отложений в рудных залежах Яман-Касинского и Сафьяновского колчеданных месторождений (Урал) // Литосфера. 2007. № 2. С. 130–140.
43. Симонов В.А., Смирнов В.Н., Иванов К.С., Ковязин С.В. Расплавные включения в хромшпинелидах расслоенной части Ключевского габбро-гипербазитового массива // Литосфера. 2008. № 2. С. 101–115.
44. Федоров Ю.Н., Маслов А.В., Мизенс Г.А. и др. Геохимические особенности пород с аномальной окраской в разрезах Абалакской свиты и Вогулкинской толщи Даниловского грабена (Шаймский НГР, Западная Сибирь) // Литосфера. 2011. № 1. С. 61–71.
45. Холоднов В.В., Шагалов Е.С., Коновалова Е.В. Геохимия апатита в интрузивных породах Урала, характеризующихся различной рудоносной специализацией // Ежегодник-2009. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 157. 2010. С. 190–195.
46. Юдин И.М. Минеральный состав руд и редкие элементы Самарского пирротин-полиметаллического месторождения // Редкие элементы в сульфидных месторождениях. Тр. ИМГРЭ. Вып. 10. 1963. С. 248–267.
47. Юдович Я.Э., Кемпис М.П. Ценные элементы-примеси в углях. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 538 с.
48. Babechuk M. G., Kamber B.S., Greg A. et al. The behaviour of tungsten during mantle melting revisited with implications for planetary differentiation time scales // Geoch. Cosmoch. Acta. 2010. V. 74, № 4. P. 1448–1470.
49. Brooks R.R., Ahrens L.N. Some observations on distribution of thallium, cadmium, and bismuth in silicate rocks and significance of covalency on their degree of association with other elements // Geoch. Cosmoch. Acta, 1961. V. 23, № 1/2. P. 100–115.
50. Buttler J.R., Tompson A. J. Cadmium and zinc in some alkali acidic rocks // Geoch. Cosmoch. Acta. 1967. V. 31, № 2. P. 97–106.
51. Cook N.J., Ciobanu C.L., Pring A. et al. Trace and minor elements in sphalerite: A LA-ICPMS study // Geoch. Cosmoch. Acta. V. 73, № 16. 2009. P. 4761–4791.
52. Heinrichs H., Schulz-Dobrick B., Wedepohl K.H. Terrestrial geochemistry of Cd, Bi, Tl, Pb, Zn and Rb // Geoch. Cosmoch. Acta, V. 44, № 10. 1980. P. 1519–1533.
53. Kieft K., Damman A.N. Indium-bearing chalcopyrite and cphalerite from the Gasborn area, West Bergslagen, central Sweden // Mineral. Magazine. 1990. V. 54, Part 1, № 374. P. 109–112.
54. Morgan J.W., Ganapathy R., Higuchi H., Kranenbuul U. Volatile and siderophile trace elements in anorthositic rocks from Fiskensæset, West Greenland: comparison with, lunar and meteoritic analogues // Geoch. Cosmoch. Acta. 1976. V. 40. P. 861–887.
55. Patrick R.A.D. Sulphide mineralogy of the Tomnashan copper deposit and the Corrie lead veins, south Loch Tay side, Scotland // Mineral. Magazine. 1984. V. 48. P. 85–91.

56. *Rudnick R.L., Gao S.* Composition of the Continental Crust. University of Maryland, College Park, MD, USA. Компьютерная версия. 2004. 64 с.
57. *Temur S., Orhan H., Deli A.* Geochemistry of the limestone of Mortas Formation and related terra rossa, Seylisehir, Konya, Turkey // Геохимия. 2009. № 1. С. 72–97.
58. *Vincent E., Bilefield L.* Cadmium in rocks and minerals from the Scaergaard intrusion, East Greenland // Geoch. Cosmoch. Acta. 1960. V. 19. P. 63–69.
59. *Wakita H., Schmitt R.A.* Cadmium // Handbook of Geochemistry. 2–2. Springer-Verlag. Berlin–Heidelberg–New York. 1970. 48-B-1–48-O

Рецензент В.В. Холоднов

Cadmium distribution in the upper continental crust

N. A. Grigor'ev

Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS

Cadmium distribution in the upper continental crust has been defined by the model of A.B. Ronov and coauthors. Cd average content in the upper continental crust is $1.4 \cdot 10^{-5}\%$. Cd average content in granite – $3.2 \cdot 10^{-5}\%$. Cd average content in the minerals: metacinnabarite – 11.64%, sphalerite – 0.5%, fahlore – 0.075, bornite – 0.037, galena – 0.03, chalcopryite – 0.0089. In this minerals concentration of total Cd mass %: in metacinnabarite – 0.0006, in sphalerite – 1.64, in fahlore – 0.0005, in bornite – 0.0058, in galena – 0.04, in chalcopryite – 0.07.

Key words: *cadmium, masses, distribution, rocks, minerals, upper continental crust.*