

**ИСТОЧНИКИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СРЕДНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ СИЛИЦИТАХ  
МАГНИТОГОРСКОЙ МЕГАЗОНЫ ЮЖНОГО УРАЛА**

**Е.В. Кузнецова**

Для решения вопроса об источниках элементов-примесей в девонских и нижнекаменноугольных толщах силицитов, широко развитых в пределах Магнитогорского прогиба на Южном Урале, было проведено геохимическое исследование распределения ряда компонентов по кремнистым образованиям различных стратиграфических интервалов – от раннего девона до низов карбона с использованием новых аналитических данных.

Отбор проб осуществлялся из отложений нижнедевонских мазовской и ильтабановской толщ, среднедевонских бугульгырской, ярлык-повской, карамалыгашской, ишкининской, сафаровской свит, мукасовской свиты позднего де-

вона и толщи пород нижнекаменноугольного возраста района г. Верхнеуральска. Комплексы силицитов актауской свиты опробованы в интервале от нижнего до верхнего девона включительно.

Геохимическая специализация пород рассматриваемой территории определена по составам 57 проб. Содержание элементов-примесей определялось методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) в ИГГ УрО РАН. Средние значения микроэлементов и суммарное содержание РЗЭ приведены в табл. 1 и иллюстрируются на рис. 1.

Анализ полученных данных по силицитам различного возраста показал, что в целом *ниж-*

Таблица 1  
Среднее содержание микроэлементов (г/т)  
в среднепалеозойских силицитах  
Магнитогорской мегазоны  
(Южный Урал)

	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>
Кол-во проб	3	38	12	4
Ti	1896,16	1130,10	836,59	1330,55
Mn	380,69	1579,94	715,91	150,60
Be	0,78	0,58	0,35	0,50
V	76,02	86,68	44,77	56,75
Cr	42,42	54,90	49,33	34,61
Co	9,50	9,87	8,26	2,50
Ni	20,59	36,85	23,41	13,63
Cu	55,52	50,98	44,47	20,68
Zn	45,49	30,08	22,09	20,13
Pb	7,31	18,64	5,17	4,31
Zr	45,00	39,36	25,08	44,82
Ga	5,16	6,65	4,70	5,31
Sr	196,10	69,34	60,93	150,99
Ba	272,32	83,91	111,48	461,17
B	18,77	18,95	21,64	32,50
? REE	63,34	52,51	29,71	34,59

*не- и среднедевонские породы* имеют близкую геохимическую характеристику – содержания V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Zr, Ga, B изменяются в небольшом диапазоне значений. Так, концентрация V колеблется в них от 76,02 до 86,68 г/т, Cr – 42,42-54,90, Co – 9,51-9,87, Ni – 20,59-36,85, Cu – 55,52-50,99, Zn – 45,49-30,08, Zr – 45,00-39,36, Ga – 5,16-6,65, B – 18,77-18,95 г/т. Различия между ними незначительны: в нижнедевонских силицитах повышена концентрация Ti, Be, Sr и Ba, в среднедевонских – Pb. Обогащенность кремнистых образований среднего девона более резко проявляется лишь для Mn, содержание которого максимально по сравнению с рассматриваемыми породами другого возраста.

*Верхнедевонские кремни* отличаются более низкими значениями микроэлементов от пород нижнего и среднего девона, исключая барий и бор.

Отличительная черта геохимии *нижнекаменноугольных силицитов* – минимальные содержания большинства элементов (Mn, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb) и максимальные значения Ba и B по сравнению с девонскими отложениями.

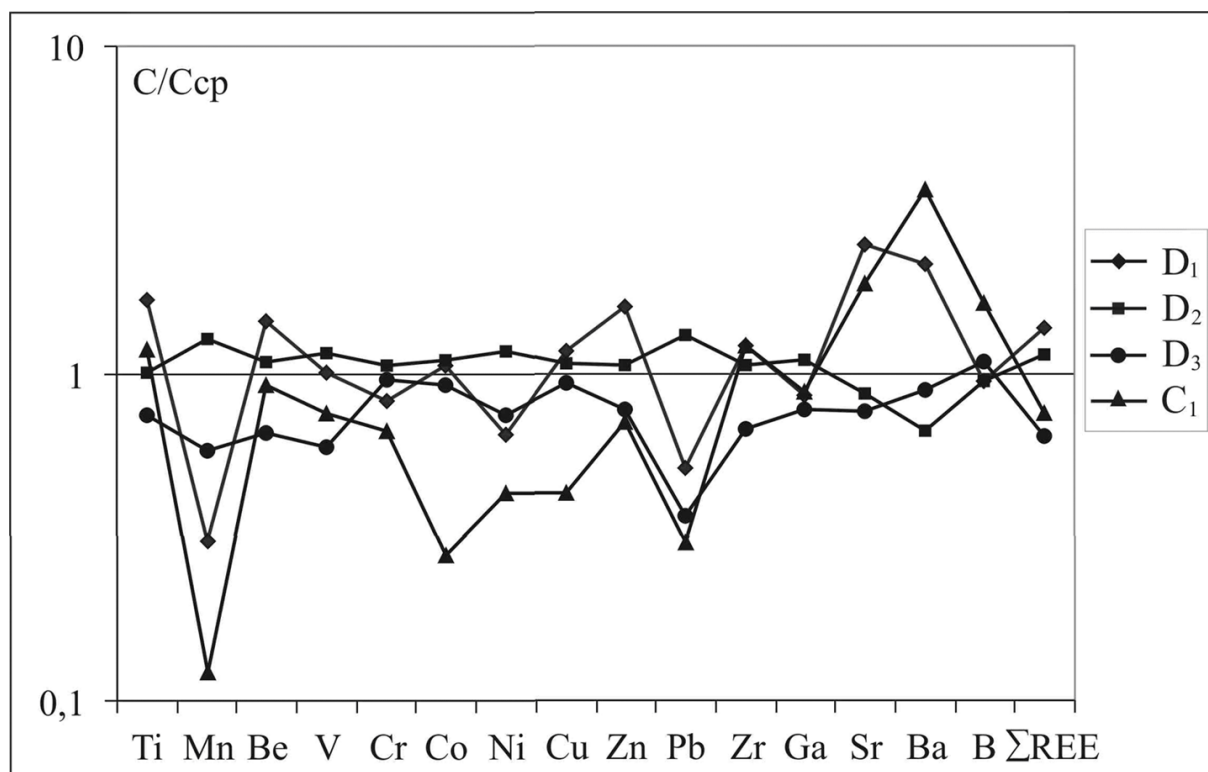


Рис. 1. Нормированное по среднему распределение медианных значений редких и редкоземельных элементов в девонских и нижнекаменноугольных силицитах Магнитогорской мегазоны (Южный Урал).

**Источники микроэлементов**

Поступление в кремнистые породы элементов-примесей может быть связано с несколькими источниками. По мнению А.М. Пумпянского [1987] основным поставщиком Sr, Co, Ni, Zn, Pb и Sg в отложениях нижнего и среднего девона, вероятно, служил пирокластический материал, а максимальное количество ванадия содержится в осадках, где отмечается значительное содержание органического (углистого) вещества.

Кроме того, проведенная нами ранее обработка аналитических данных методом корреляционного анализа позволила обнаружить тесную связь марганца с Zn и Pb. Такое поведение элементов возможно лишь при наличии в нижне- и среднедевонских отложениях глинистого вещества и пирокластики, что подтверждается и микроскопическом изучении [Кузнецова, 2005].

Для Mn, V, Cu, Zn, Ga, Ba и В наряду с этим существовали другие источники, роль которых для каждого элемента была различной. Так, по сравнению с кремнями верхнедевонского и нижнекаменноугольного возраста содержание марганца в изученных породах среднего девона очень высокое (1579,94 г/т), чем можно было ожидать, предполагая только туфогенную природу этого элемента. Максимальные концентрации Mn, высокие показатели меди (50,98 г/т) и цинка (30,08 г/т), а также тесная связь среднедевонских силицитов с вулканитами карамалыташской свиты дает основание предполагать гидротермальный источник Mn, Cu и Zn, которые являются типичными элементами эксгаляций [Пумпянский, 1987].

По содержанию титана среднедевонские и раннекарбоновые породы довольно близки. Кремни нижнего девона в значительной мере обогащены (1896,16 г/т), а позднедевонские ? обеднены (836,59 г/т) этим элементом. По данным Я.Э. Юдовича [2000] повышенные значения Ti в кремневых отложениях обязаны двум факторам: присутствию титанистой пирокластики и биогенному накоплению титана кремнистыми организмами (губками и радиоляриями).

Инертное поведение в среднепалеозойских кремнях обнаруживает бериллий. Его концентрация в девонских и нижнекарбонных отложениях колеблется незначительно. Диапазон содержаний изменяется от 0,35 до 0,78 г/т. Парные корреляции Be со всеми анализируемыми элементами, кроме Mn, Cu, Ba, Pb име-

ют значимые значения, что в свою очередь указывает на вхождение данных элементов-примесей как в состав глинистого, так и пирокластического материала [Кузнецова, 2005].

Особое положение среди других микроэлементов занимают барий и бор. Как уже указывалось, максимальные фоновые концентрации этих двух элементов в нижнекаменноугольных породах (461,17 и 32,50 г/т соответственно), наименьшие – в силицитах среднего девона (83,91 и 18,95 г/т). Причем бор в нижне- и среднедевонских кремнях присутствует почти в одинаковых количествах (18,77 и 18,95 г/т), а в верхнедевонских – близок по содержанию к отложениям нижнего карбона (21,64 г/т). Барий в нижнем и верхнем девоне характеризуется небольшим максимумом (272,32 г/т и 111,48 г/т).

Эти элементы не связаны с пирокластической составляющей, в то же время они не характерны и для гидротермального процесса [Пумпянский, 1987]. Повышенные содержания бора и бария в отложениях раннего и позднего девона по сравнению со среднедевонскими образованиями, вероятно, указывает на значительное содержание органического вещества, хорошо сорбирующего эти элементы. Обогащение бором в значительной мере может быть связано и с накоплением его в гидрослюде, которая, по данным микроскопии в существенном количестве присутствует в глинистой составляющей позднедевонских силицитов.

Породы, относящиеся к раннему карбону – типичные спонголиты, поэтому происхождение бора и бария в нижнекаменноугольных кремнях с уверенностью позволяет отнести их к биогенному источнику.

Содержание Ga в кремнистых осадках девона и карбона колеблется незначительно, что не позволяет достоверно решить вопрос об его источнике.

Осадочные кремни Магнитогорской мезазоны характеризуются относительно высокой концентрацией редкоземельных элементов – 8,7-113,9 г/т. Средняя сумма РЗЭ различных стратиграфических подразделений девона и карбона изменяется в диапазоне 29,71-63,34 г/т.

Обращает на себя внимание, что в ряду D<sub>1</sub>-D<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>-C<sub>1</sub> общее содержание лантаноидов изменяется в зависимости от возраста. В толщах, которые занимают низкое стратиграфическое положение (нижний и средний девон) концентрация РЗЭ в целом выше (см. табл. 1) [Кузнецова, Мизенс, 2005].

Следует отметить, что изученные силициты во многих случаях содержат значительное количество остатков радиолярий, которые, способны сорбировать редкие земли из морской воды [Лисицын и др., 1980]. Кроме того, повышенное содержание суммы РЗЭ, возможно, обусловлено примесью глинистого и, в некоторых случаях, обломочного (в том числе пирокластического) материала в составе нижне- и среднедевонских кремней. Как известно глинистые минералы являются довольно активными концентраторами лантаноидов. На обломочные фемические и акцессорные минералы, в качестве носителей указывает и связь РЗЭ с титаном ( $r = 0,82$ ) [Лисицын и др., 1980].

С другой стороны, присутствие биогенных компонентов приводит к существенному уменьшению общей суммы редкоземельных элементов [Балашов, 1976; Дубинин, 2004]. Этим могут объясняться пониженные концентрации РЗЭ в кремнистых породах верхнего девона и низов карбона.

Таким образом, приведенные геохимические данные позволяют считать, что среднепалеозойские кремнистые отложения Магнитогорской мегазоны характеризуются определенными геохимическими особенностями и имеют смешанные источники редких и редкоземельных элементов. В девонских силицитах поставщиками редких элементов служили гли-

нистый (и обломочный материал), пирокластический и органическое вещество. Существенное обогащение кремней среднего девона Mn (Cu, Zn), вероятно, обусловлено гидротермальным происхождением этих элементов. Максимальные содержания Ва и В в нижнекаменноугольных спонголитах указывают на биогенный источник.

### *Список литературы*

*Балашов Ю.А.* Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 267 с.

*Дубинин А.В.* Геохимия редкоземельных элементов в океане // Литология и полезные ископаемые. 2004. № 4. С. 339-358.

*Кузнецова Е.В., Мизенс Г.А.* Распределение РЗЭ в девонских и нижнекаменноугольных силицитах Магнитогорской мегазоны (Южный Урал) // Ежегодник-2004. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. С. 184-192.

*Лисицын А.П., Гурвич Е.Г., Лукашин Е.Н. и др.* Геохимия элементов-гидролизатов. М.: Наука, 1980. 240 с.

*Пумпянский А.М.* Геохимия франского кремненакопления // Геохимия осадочных формаций Урала. Сб. науч. трудов. 1987. С. 49-59.

*Юдович Я.Э., Кетрис М.П.* Основы литохимии. СПб: Наука, 2000. 479 с.