

УДК 549.261

© Д. чл. УАГН Н.А. Григорьев

МИНЕРАЛЫ КАК НОСИТЕЛИ ЖЕЛЕЗА В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЫ

*Институт геологии и геохимии УНЦ РАН,
620151 Екатеринбург, Почтовый пер., 7, Россия; Факс (3432) 71-52-52
E-mail: Grigor'ev @ igg. uran. ru; root @ igg. e-burg. su*

© N.A. Grigor'ev

MINERALS AS CARRIERS OF IRON IN THE UPPER CONTINENTAL CRUST'S

Автореферат

Распределение массы Fe в минералах верхней части континентальной коры рассчитано по модели А.Б. Ронова и др. (1990). Расчет выполнен на базе более чем 4000 количественных минералогических анализов важнейших горных пород, опубликованных преимущественно в СССР и США. Установлено следующее распределение массы Fe: в не железных минералах рассеяно 5,47%, в железных сконцентрировано 93,04%. Главный железный минерал-концентратор – биотит. В биотите сконцентрировано 30,89% массы Fe. В максиминералах сконцентрировано 21,44 % массы Fe. Главный максиминерал – магнетит. В магнетите сконцентрировано 12,2 % массы Fe.

Abstract

The distribution of masses Fe in the minerals of upper continental crust's has been calculated by the model of A. B. Ronov et al. (1990). Calculation has been made by the base more than 4000 quantitative mineralogical analyses of important rocks, published mainly in the USSR and USA. It was established distribution of masses Fe: in the nonirons minerals dispersion 5.47%, in irons minerals concentrate 93.04%. Major irons mineral-concentrator – biotite. In the biotite concentrate 30,89% masses Fe. In the maximinerals concentrate 21.44% masses Fe Major maximineral – magnetite. In the magnetite concentrate 12.2% masses Fe.

Распределение масс химических элементов в совокупностях минералов, слагающих земную кору и ее фрагменты – важнейшая характеристика среды, в которой мы живем. Знать ее необходимо вне зависимости от современных практических интересов. Настоящая статья – оперативная информация о новых дан-

ных по Fe. Они представляют повышенный интерес в связи с практической значимостью и геохимическими особенностями Fe. Это один из немногих химических элементов, содержание которых в континентальных осадочных породах почти соответствует требованиям геохимического баланса. Среднее одержание Fe здесь всего на 0,22 мас. % больше того, которое должно быть в остаточных продуктах выветривания гранитно-гнейсового слоя, соответствующего современному.

Базовые положения. Л.В. Таусон (1960) ввел в литературу представление о минералах как концентраторах и носителях химических элементов. В минералах-концентраторах химический элемент избирательно сконцентрирован. В минералах-носителях сосредоточена большая часть его массы. Автор поставил вопрос о зависимости ролей минералов в качестве концентраторов и в качестве носителей химических элементов. Зависимость оказалась близка к бимодальной (Григорьев, 1999). На гистограммах, характеризующих эту зависимость, обычно выделяются две группировки минералов-носителей, разделенные интервалом нехарактерной концентрации. Первая представлена минералами, с малыми и умеренными коэффициентами концентрации (Кк) данного элемента. Это миниминералы (Кк <1) и кларкминералы (Кк >1). Вторая группировка представлена минералами с концентрацией данного элемента, приближающейся к максимально возможной. Это максиминералы (Григорьев, 1999). Здесь на примере Fe впервые показано, что механизм отмеченного разделения минералов-носителей на группировки – кристаллохимический. Наиболее важен вопрос о концентрации масс химических элементов в максиминералах. – Это реальные и потенциальные источники химических элементов. И вместе с тем, многие максиминералы - первоисточники веществ, загрязняющих окружающую среду.

Исходные данные. Расчет выполнен на базе фрагмента модели химического строения земной коры А.Б. Ронова и др. (1990), несколько детализированного автором (Григорьев, 2003). Верхняя часть континентальной коры рассматривается в составе двух слоев: осадочного и гранитно-гнейсового. Средние содержания Fe в верхней части континентальной коры и в слагающих ее горных породах преимущественно по А.Б. Ронову и др. (1990) с поправками. Средние содержания минералов

Глобальный минеральный баланс Fe в верхней части континентальной коры

Категории минералов как концентраторов Fe	Кк	Минералы-носители Fe	Содержание минералов-носителей, мас. %	Содержание Fe, масс. %	Доли массы Fe, отн. %		
Миниминералы	0,02 – 1	Полевые шпаты	33,94	0,1-0,9	3,16		
		Гидромусковит	1,83	2	0,9		
		Диопсид	0,48	2,3	0,27		
		Пеннин	0,28	3,92	0,27		
		Прочие			0,87		
		Всего			5,47		
Кларкминералы	1 – 5,94	Гидробиотит	0,47	4,98	0,58		
		Роговая обманка	3,45	6,14	5,22		
		Авгит	1,26	6,57	2,04		
		Ставролит	0,25	10,45	0,64		
		Клинохлор	0,43	12,2	1,29		
		Эпидот	1,16	12,4	3,54		
		Рипидолит	1,8	12,79	5,67		
		Актинолит	0,39	13,64	1,31		
		Гастингсит	0,31	15,23	1,16		
		Биотит	7,6	16,5	30,89		
		Альмандин	0,85	18,7	3,92		
		Куммингтонит	0,46	19,75	2,24		
		Глауконит	0,13	20,9	0,67		
		Гиперстен	0,33	21,07	1,71		
		Рибекит	0,17	24,31	1,02		
		Нонтронит	0,67	24,12	3,98		
		Септехлориты	0,55	24,1	3,26		
		Прочие			2,46		
				Всего			71,6
		Минералы ИНК	5,94 – 8,86	Mg-сидерит и др.	0,0059	30,58	0,05
Максиминералы	8,86 – 17,64	Тюрингит	0,11	35,59	0,96		
		Ильменит	0,21	37,6	1,94		
		Сидерит	0,11	45,7	1,24		
		Пирит	0,072	46,5	0,82		
		Марказит	0,0012	46,5	0,01		
		Фаялит	0,0039	53,99	0,05		
		Ti-магнетит	0,07	56,1	0,97		
		Пирротин	0,029	61,57	0,44		
		Гетит	0,087	62,7	1,34		
		Гематит	0,086	69,6	1,47		
		Магнетит	0,69	71,6	12,2		
				Всего			21,44
		Сумма долей массы Fe					98,56

рассчитаны на основании больше чем 4000 количественных минералогических анализов горных пород, опубликованных преимущественно в СССР и США. Средние содержания Fe в минералах приняты равными его содержанию в эталонах. Эталоны - разновидности минералов с химическим составом приближающимся к модальному взяты из справочников. Приводимые ниже коэффициенты концентрации (Кк) рассчитаны в отношении среднего содержания Fe в верхней части континентальной коры – 4,06 мас. %.

Результаты. Установлено что в верхней части континентальной коры 93,04% массы Fe сконцентрировано в его собственных минералах. В чужих минералах рассеяно всего 5,47% массы Fe (табл. - 1). Последними представлены главные миниминералы. Интервал нехарактерной концентрации: 25-35 мас. % Fe (Кк 5,94 – 8,86) делит всю совокупность концентраторов-носителей на две неравные части (табл. 1). Первая представлена миниминералами и кларкминералами, вторая – максиминералами. Кларкминералы- это в основном комплексные соединения, образованные Fe совместно с Mg, Ca, Al, K. Это преимущественно листовые и цепочечные силикаты. В них слабо сконцентрировано 71,6% массы Fe. Главный кларкминерал – биотит. Его роль как носителя Fe (30,89% массы) соизмерима с суммарной ролью всех остальных, взятых вместе. Максиминералы – это самородное железо и соединения, где все катионы представляет только Fe. Это в основном не силикаты: оксиды, сульфиды, гидроксиды, сидерит. Наиболее важные исключения – тюрингит и фаялит. В максиминералах сконцентрировано 21,44% массы Fe. Главный максиминерал – магнетит. Его роль (12,2% массы Fe) соизмерима с суммарной ролью всех остальных. К интервалу нехарактерной концентрации относятся: Mg-сидерит и некоторые минералы Fe (халькопирит, плеонаст). Роль их в качестве носителей Fe ничтожна (0,05% массы).

В осадочном и гранитно-гнейсовом слоях (табл.2) распределение массы Fe по разным категориям минералов-концентраторов в целом практически аналогично отмеченному выше. Существенно отличаются эти слои только по составу главных минералов-носителей. Так наиболее важными максиминералами являются: в осадочном слое – гетит, в гранитно- гнейсовом - магнетит. Но в пределах осадочного слоя породы осадочные

Таблица 2

Доли масс Fe (отн. %), находящиеся в минералах, слагающих
слои континентальной коры

Категории минералов как концентраторов Fe	Минералы-носители Fe	Осадочный слой	Гранитно-гнейсовый слой	
Миниминералы	Полевые шпаты	1,7	3,74	
	Гидромусковит	3,88	<0,01	
	Монтмориллонит	1,5	Н.опр.	
	Прочие	0,48	0,88	
	Всего	7,56	4,62	
Кларкминералы	Гидробиотит	2,46	Н.опр.	
	Роговая обманка	1,57	6,34	
	Авгит	2,54	1,88	
	Ставролит	0,02	0,82	
	Клинохлор	1,26	1,29	
	Эпидот	0,37	4,5	
	Рипидолит	5,4	5,77	
	Актинолит	0,21	1,64	
	Гастингсит	Н.опр.	1,49	
	Биотит	19,1	34,5	
	Пижонит	0,91	Н.опр.	
	Альмандин	0,07	5,09	
	Куммингтонит	Н.опр.	2,9	
	Эгирин	0,47	0,46	
	Глауконит	2,84	Н.опр.	
	Гиперстен	1,54	1,76	
	Рибекит	0,02	1,31	
	Нонтронит	17,3	Н.опр.	
	Септехлориты	14	Н.опр.	
	Прочие	2,4	1,58	
		Всего	72,48	71,33
	Минералы ИНК	<i>Всего</i>	<0,01	0,06
	Максиминералы	Тюрингит	0,89	1,05
Ильменит		2,46	1,84	
Сидерит		1,84	1,08	
Пирит		1,52	0,63	
Марказит		0,03	0,01	
Фаялит		<0,01	0,07	
Ti-магнетит		2,39	0,55	
Пирротин		0,07	0,54	
Гетит		5,67	0,06	
Гематит		2,27	1,25	
Магнетит		5,04	14,4	
		Всего	23,28	21,6
Суммы долей массы		102,22	97,49	

Таблица 3

Доли масс Fe (отн. %), находящиеся в минералах осадочных
пород континентальной коры

Категории минералов как концентраторов Fe	Минералы-носители Fe	Пески и песчаники	Глины и сланцы	Карбонатные породы	Кремнистые породы	Осадочные породы	
Миниминералы	П. Шп.	2,21	1,18	0,75	0,38	1,37	
	Опал	0,72	0,18	2,13	1,35	0,44	
	Гидромусковит	6,23	5,1	2,2	3,32	5,16	
	Монтмориллонит	2,12	2,17	Н.опр.	0,32	2	
	Прочие	0,06	0,18	2,41	0,38	0,33	
		Всего	11,34	8,81	7,49	5,75	9,3
Кларкминералы	Вермикулит	0,13	0,45	Н.опр.	Н.опр.	0,32	
	Бейделлит	1,5	1,02	Н.опр.	Н.опр.	1,06	
	Гидробиотит	4,65	3,17	Н.опр.	Н.опр.	3,28	
	Анкерит	0,01	0,05	3,27	Н.опр.	0,23	
	Рог. обм.	0,96	1,04	Н.опр.	Н.опр.	0,95	
	Клинохлор	1,9	1,81	0,11	Н.опр.	1,69	
	Эпидот	0,39	0,03	Н.опр.	7	0,21	
	Рипидолит	7,97	7,33	Н.опр.	4,01	7,01	
	Биотит	15,42	21,02	18,17	Н.опр.	19,25	
	Глауконит	9,77	1,33	Н.опр.	38,66	3,78	
	Нонтронит	11,27	25,61	44,22	Н.опр.	23,03	
	Септехлориты	15,02	20,47	11,06	18,89	18,65	
	Прочие	0,2	0,21	3,11	4,62	0,74	
		Всего	69,19	83,54	79,94	73,18	80,2
Максиминералы	Ильменит	2,34	1,6	Н.опр.	1,53	1,7	
	Сидерит	0,29	0,97	Н.опр.	Н.опр.	0,74	
	Пирит	2,61	1,48	0,21	0,92	1,84	
	Марказит	Н.опр.	0,05	Н.опр.	Н.опр.	0,01	
	Гетит	11,72	5,32	11,5	19,66	7,43	
	Гематит	0,37	1,14	0,32	<0,01	1,16	
	Магнетит	4,02	1,52	Н.опр.	0,18	1,98	
		<i>Всего</i>	21,35	12,08	12,03	22,29	14,86
	Суммы долей массы		101,88	104,43	99,46	101,22	104,35

(табл. 3) и вулканогенные (табл. 4) резко отличаются по минеральному балансу Fe. В осадочных породах роль максиминералов относительно мала. Только в песках, песчаниках и кремнистых породах она близка к средней. В вулканогенных породах (особенно в кислых) роль максиминералов по расчету оказалась неожиданно большой. В этом отношении вулканогенные породы похожи на интрузивные породы: граниты, базиты и ультрабазиты.

Таблица 4

Доли масс Fe (отн. %), находящиеся в минералах вулканогенных пород осадочного слоя континентальной коры

Категории минералов как концентраторов Fe	Минералы-носители Fe	Кислые	Средние	Основные	Вулканыты в целом
Миниминералы	Полевые шпаты	6,17	4,56	1,93	2,68
	Ст. кисл.	3,67	Н.опр.	Н.опр.	0,1
	Ст. осн.	Н.опр.	1,39	0,34	0,59
	Диопсид	0,02	0,41	1,14	0,94
	Прочие	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
	Всего	9,86	6,37	3,41	4,31
Кларкминералы	Энстатит	Н.опр.	0,71	0,61	0,62
	Роговая обманка	0,82	6,09	2,67	3,45
	Авгит	0,09	5,21	12,2	10,2
	Эпидот	0,41	0,98	0,77	0,82
	Рипидолит	Н.опр.	0,76	0,48	0,52
	Оливин	0,04	Н.опр.	3,81	2,82
	Актинолит	0,27	0,54	0,34	0,39
	Палагонит	Н.опр.	Н.опр.	1,63	1,19
	Биотит	16,5	29,5	15,4	18,8
	Пижонит	Н.опр.	1,79	4,49	3,7
	Арфведсонит	1,22	0,04	0,02	0,06
	Эгири	0,41	Н.опр.	2,56	1,89
	Гиперстен	0,14	2,09	7,84	6,2
	Рибекит	1,62	0,05	0,03	0,08
	Прочие	<0,01	0,06	0,49	0,34
	Всего	21,52	47,82	53,34	51,08
Максиминералы	Тюрингит	45,1	1,41	2,65	3,53
	Ильменит	1,25	3,73	5,13	4,68
	Сидерит	15,2	7,25	3,97	5,11
	Пирит	1,55	0,65	0,29	0,41
	Ti-магнетит	3,37	7,79	10,4	9,72
	Пирротин	Н.опр.	Н.опр.	0,38	0,28
	Гематит	0,93	9,67	4,32	5,48
	Магнетит	1,43	18,5	13,3	14,2
	Всего	68,83	49,00	40,44	43,41
Суммы		100,21	103,46	97,19	98,87

В гранитно-гнейсовом слое роль миниминералов во всех горных породах мала. Роль максиминералов в магматических породах (табл. 5) в целом больше, чем в метаморфических (особенно в ортометаморфических). В гранитах, базитах и ультрабазитах в максиминералах сконцентрировано около половины

Таблица 5

Доли масс Fe (отн. %), находящиеся в минералах магматических пород континентальной коры

Категории минералов как концентраторов Fe	Минералы-носители Fe	Граниты	Гранодиориты	Базиты	Сиеиты	Ультрабазиты	Магматические породы
Миниминералы	Полевые шпаты	8,01	8,94	2,18	4,95	0,49	6,31
	Нефелин	Н.опр.	Н.опр.	<0,01	1,99	Н.опр.	0,01
	Серпентин	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	1,08	0,02
	Диопсид	Н.опр.	Н.опр.	2,23	Н.опр.	2,43	0,74
	Прочие	0,06	0,12	0,51	0,38	0,94	0,25
	Всего	8,07	9,06	4,92	7,32	4,94	7,5
Кларкминералы	Энстатит	Н.опр.	Н.опр.	0,11	Н.опр.	6,45	0,12
	Роговая обманка	1,68	5,58	4,84	0,93	2,36	3,8
	Авгит	0,36	2,99	6,53	16,87	Н.опр.	3,12
	Бронзит	Н.опр.	Н.опр.	2,97	Н.опр.	13,2	1,12
	Эпидот	0,27	0,38	1,05	Н.опр.	1,19	0,54
	Рипидолит	2,1	5,82	11,8	Н.опр.	Н.опр.	6,21
	Оливин	Н.опр.	Н.опр.	0,31	0,04	14,8	0,29
	Гастингсит	0,58	0,46	Н.опр.	2,55	Н.опр.	0,37
	Биотит	40,6	47,5	10,6	7,48	Н.опр.	32,4
	Арфведсонит	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	1,67	Н.опр.	0,01
	Альмандин	0,41	0,07	0,02	0,01	<0,01	0,18
	Лепидомелан	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	2,99	Н.опр.	0,01
	Эгири	Н.опр.	Н.опр.	3,76	37,52	Н.опр.	1,32
	Гиперстен	0,23	0,64	6,39	Н.опр.	Н.опр.	2,27
	Прочие	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	3,14	1,37	0,01
	Всего	45,33	63,44	48,38	73,2	39,37	51,77
Минералы ИНК	<i>Всего</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	<0,01
Максиминералы	Ильменит	4,93	5,7	2,28	4,54	0,25	4,3
	Сидерит	<0,01	0,28	1,11	Н.опр.	0,13	0,43
	Пирит	0,51	0,28	0,28	0,14	0,45	0,38
	Марказит	0,01	0,09	Н.опр.	0,01	Н.опр.	0,03
	Ti-магнетит	<0,01	Н.опр.	13,6	0,22	9,71	4,34
	Пирротин	0,2	0,26	0,15	0,44	Н.опр.	0,2
	Гегит	0,22	0,06	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	0,1
	Гематит	3,8	0,63	2,53	<0,01	Н.опр.	1,12
	Магнетит	33,3	15,2	23,4	9,3	41,3	25,1
		Всего	42,97	22,50	43,35	14,65	51,84
Суммы		97,37	95,00	96,65	95,17	96,21	95,27

Таблица 6
Доли масс Fe (отн. %), находящиеся в минералах парапетаморфических пород континентальной коры

Категории минералов как концентраторов Fe	Минералы-носители Fe	Метопесчаники	Парасланцы	Карбонатные породы	Железистые породы	Парапетаморфиты	
Миниминералы	П. Шп.	2,11	3,02	0,58	0,28	2,78	
	Серпентин	Н.опр.	<0,01	2,51	Н.опр.	0,03	
	Тремолит	Н.опр.	Н.опр.	1,52	Н.опр.	0,02	
	Тальк	Н.опр.	Н.опр.	4,87	Н.опр.	0,06	
	Диопсид	0,07	0,26	2,21	<0,01	0,25	
	Флогопит	Н.опр.	Н.опр.	1,39	Н.опр.	0,02	
	Прочие	1,0	1,02	0,33	0,29	1,03	
	Всего	3,18	4,3	13,41	0,57	4,19	
	Кларкминералы	Анкерит	Н.опр.	Н.опр.	3,92	0,01	0,04
		Рог. обм.	6,19	9,33	3,15	0,51	8,54
Авгит		0,57	0,75	Н.опр.	Н.опр.	0,68	
Салит		Н.опр.	Н.опр.	2,38	1,54	0,12	
Ставролит		0,03	1,9	Н.опр.	Н.опр.	1,64	
Клинохлор		8,79	2,21	2,35	Н.опр.	2,52	
Эпидот		6,43	7,03	0,8	0,05	6,52	
Оливин		Н.опр.	Н.опр.	12,31	Н.опр.	0,14	
Рипидолит		7,75	2,9	9,03	0,74	3,16	
Актинолит		0,98	1,67	3,5	0,68	1,59	
Биотит		21,87	33,67	15,87	0,34	30,8	
Стильпно-мелан		1,07	0,11		2,54	0,31	
Альмандин		8,08	6,36	0,84	3,87	6,26	
Куммингтонит		0,28	3,58	0,22	0,25	3,15	
Гиперстен		Н.опр.	0,29	Н.опр.	1,75	0,35	
Эгирин	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	2,14	0,13		
Рибекит	2,10	2,76	Н.опр.	0,71	2,57		
Прочие	0,2	0,05	0,16	0,08	0,1		
Всего	64,34	72,61	54,53	15,21	68,62		
Минералы ИНК	<i>Всего</i>	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	
Максиминералы	Мг-сидерит	Н.опр.	Н.опр.	9,8	0,13	0,12	
	Тюрингит	Н.опр.	0,4	Н.опр.	0,59	0,38	
	Ильменит	2,38	1,28	Н.опр.	Н.опр.	1,27	
	Сидерит	0,92	1,04	8,79	2,65	1,23	
	Пирит	0,67	0,84	1,49	0,14	0,79	
	Фаялит	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	2,24	0,13	
	Гетит	0,72	Н.опр.	Н.опр.	0,52	0,08	
	Пирротин	0,18	0,99	4,34	Н.опр.	0,91	
	Гематит	2,21	1,26	1,34	12,69	2	
	Магнетит	20,63	12,99	3,67	65,25	16,4	
	Всего	27,71	18,79	29,43	84,21	23,31	
	Суммы долей массы		95,23	95,7	97,37	99,99	96,12

Таблица 7
Доли масс Fe (отн. %), находящиеся в минералах ортопетаморфических пород континентальной коры

Категории минералов как концентраторов Fe	Минералы-носители Fe	Гранитогнейсы	Метариолиты	Метандезиты	Метабазиты	Ортопетаморфиты
Миниминералы	П. Шп.	4,88	4,51	4,0	2,01	4,18
	Диопсид	Н.опр.	Н.опр.	0,86	0,48	0,15
	Прочие	0,05	0,62	0,4	0,62	0,34
	Всего	4,93	5,13	5,26	3,11	4,67
Кларкминералы	Рог. обм.	3,63	2,03	5,48	6,08	4,25
	Авгит	1,85	0,87	1,83	7,32	3,09
	Салит	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	1,04	0,24
	Эпидот	0,35	10,7	5,3	10,7	3,12
	Рипидолит	10,1	8,48	8,57	6,02	9,08
	Кроссит	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	2,49	0,58
	Актинолит	Н.опр.	2,26	5,07	8,44	2,21
	Гастингсит	4,28	Н.опр.	Н.опр.	3,77	3,9
	Биотит	53,5	13,7	8,59	11,8	40,2
	Альмандин	6,85	3,1	0,35	1,16	5,16
	Геденбергит	Н.опр.	Н.опр.	1,75	0,19	0,13
	Куммингтонит	Н.опр.	Н.опр.	7,34	14,2	3,59
	Лепидомелан	1,45	Н.опр.	Н.опр.	0,24	1,24
	Гиперстен	1,78	0,7	2,75	8,62	3,37
	Эгирин	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	2,56	0,6
Прочие	Н.опр.	0,3	1,1	1,07	0,3	
Всего	83,79	42,14	48,13	85,7	81,6	
Максиминералы	Тюрингит	Н.опр.	31,8	36,4	Н.опр.	2,24
	Ильменит	1,59	2,86	2,8	2,09	1,78
	Сидерит	Н.опр.	1,51	6,12	3,11	1,03
	Пирит	0,52	0,52	0,26	0,35	0,47
	Гетит	0,05	Н.опр.	Н.опр.	<0,01	0,03
	Пирротин	0,17	0,06	0,11	0,23	0,19
	Гематит	0,01	2,3	Н.опр.	1,03	0,29
	Магнетит	10,1	14,2	3,33	3,1	8,25
Всего	12,44	53,25	49,02	9,91	14,28	
Суммы долей массы		101,16	100,52	102,41	98,72	100,01

массы Fe. Причем, главная роль принадлежит магнетиту (включая Ti-магнетит). В гранодиоритах и сиенитах в максиминералах сконцентрировано всего 22,5 и 14,65% массы Fe. Средние минеральные балансы Fe в парапетаморфических породах (табл. 6) варьируют. Неравномерность распределения Fe минимальная в парасланцах и максимальная в железистых породах.

Доли массы Fe, сконцентрированные в максиминералах соответственно: 18,79 и 84,21%. Во всех параметаморфических породах, кроме карбонатных главный максиминерал – магнетит. В карбонатных породах – сидерит. Вариации средних минеральных балансов Fe в ортометаморфических породах (табл. 7) меньше, но тоже существенны. В гранитогнейсах в максиминералах сконцентрировано всего 12,44% массы Fe. Причем наиболее значительна роль магнетита. В метавулканитах роль максиминералов увеличивается от основных к кислым.

Обсуждение новых данных. Новые данные о распределении массы Fe в верхней части континентальной коры значительно подробнее опубликованных раньше (Григорьев, 1999). Но в отношении гранитно-гнейсового слоя они принципиально близки. Роль максиминералов в осадочном слое по новым данным меньше, чем по старым. Новые результаты расчетов в целом соответствуют немногочисленным корректным минеральным балансам Fe, определенным для уральских габброидов и ультрабазитов, а также для железистых пород Кривого Рога (Григорьев, 1999). Степень корректности остальных новых данных пока неопределенная. Причина – отсутствие литературных данных, необходимых для сопоставлений. Доля Fe, сконцентрированная в тюрингите кислых вулканитов (45,1%) вероятно преувеличена.

Заключение. В верхней части континентальной коры 93,04% массы Fe сконцентрировано в его собственных минералах и только 5,47% - рассеяно в чужих минералах. В максиминералах сконцентрировано 21,44 % массы Fe, из них 12,2% в магнетите. Наибольшая концентрация массы Fe в максиминералах имеет место в железистых породах гранитно-гнейсового слоя (84,21%), и в ультрабазитах (51,84%).

Литература

1. Григорьев н.А. введение в минералогическую геохимию. Екатеринбург. 1999. 302с.
2. Григорьев Н.А. О кларковом содержании химических элементов в верхней части континентальной коры. Литосфера. № 1. 2002. С.38-60.
3. Ронов А.Б., Ярошевский А.А., Мигдисов А.А. Химическое строение земной коры и геохимический баланс главных элементов. М. Наука. 1990. 182с.