

УДК 550.4: 546.56

© Д. чл. УАГН Н.А. Григорьев

## **МЕДНЫЕ МИНЕРАЛЫ КАК НОСИТЕЛИ МЕДИ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЫ**

*Институт геологии и геохимии Уральского отделения РАН,  
620151, г. Екатеринбург, Почтовый переулок, 7, E-mail: root @ igg. e-burg. su*

© N.A. Grigor'ev

## **COPPER MINERALS AS CARRIERS OF COPPER IN THE UPPER CONTINENTAL CRUST'S**

Автореферат

Роль медных минералов как носителей Cu в верхней части континентальной коры рассчитана по модели А.Б. Ронова и др. (1990). Расчет выполнен на основе больше чем 1750 количественных минералогических анализов важнейших горных пород, опубликованных преимущественно в СССР. Установлено, что в медных минералах сконцентрировано 1,2 % массы Cu. В том числе 0,98 % в халькопирите. Эти цифры – минимально возможные.

Ключевые слова: медные минералы, носитель, медь, халькопирит, верхняя часть континентальной коры.

Abstract

The role of copper minerals as carriers of Cu in the 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 1750 quantitative mineralogical analyses of important rocks, published mainly in the USSR. It was established, that in the copper minerals concentration 1.2 % of masses Cu. In particular in chalcopyrite – 0.98 %. These figures a minimal from possible.

Key words: copper minerals, carrier, copper, chalcopyrite, upper continental crust.

### **Предшествующие исследования**

В начале 20 века предполагали, что Cu в земной коре в основном сконцентрирована в халькопирите [Санделл, Голдич, 1952]. Б.И. Злобин (1969) показал, что большая часть массы Cu, в изверженных породах находится в породообразующих минералах. Э.М. Спиридонов (1971), А.В. Рабинович, С.Г. Бадалов

117

(1971) и ряд других исследователей определили минеральный баланс Cu в некоторых интрузивных породах, а автор - в метасоматитах и рудах железо-медно-скарновых месторождений Северного Урала. Анализ этих материалов показал, что халькопирит в большинстве случаев - второстепенный носитель Cu. Роль его зависит от содержания Cu в горных породах (рудах) и минерального состава последних [Григорьев, 1999<sub>а</sub>].

При массовых количественных минералогических анализах горных пород медные минералы учитывали относительно редко. Основные причины: малое их содержание и ограниченные возможности быстрой диагностики. В частности, - близость физических свойств халькопирита и пирита. Даже факт совместного наличия обоих минералов не всегда может быть надежно установлен при просмотре тяжелых фракций проб под бинокулярным микроскопом без специальных мероприятий. Это особенно характерно для осадочных пород, где частицы сульфидов часто покрыты пленками других минералов. На основе таких анализов было определено среднее содержание халькопирита в некоторых комплексах горных пород. Наиболее значительны и достоверны данные А.Б. Ронова с коллегами (1963) по пескам Русской платформы и В.В. Ляховича (1967) по гранитам СССР. На основе этих и других подобных данных автор [Григорьев, 1999<sub>б</sub>] определил приблизительно среднее содержание халькопирита в верхней части земной коры – 0,0011 мас. %. Это соответствует доле массы Cu, сконцентрированной в халькопирите - 0,7 %. В настоящей работе впервые приведены данные о вероятной роли медных минералов как носителей Cu в континентальных горных породах и в верхней части континентальной коры.

### **Исходные данные**

Расчет выполнен на базе фрагмента модели химического строения земной коры А.Б. Ронова и др. (1990), несколько детализированного автором [Григорьев, 2003]. Средние содержания Cu (табл. 1) в магматических породах гранитно-гнейсового слоя - по Л.Н. Овчинникову (1990), остальные - авторские [Григорьев, 2003]. Средние содержания медных минералов в этих объектах рассчитано по литературным данным. Это результаты больше чем 1750 количественных минералогических анализов

118

Таблица 1  
Распределение массы Cu в совокупности горных пород верхней части континентальной коры

Горные породы	Масса горных пород, отн. %	Среднее Содержание Cu, мас. %	Доли массы Cu, отн. %
Пески и песчаники	5,11	0,0031	4,0
Глины и глинистые сланцы	10,4	0,0036	9,5
Карбонатные породы	3,85	0,0021	2,1
Кремнистые породы	0,33	0,0007	0,1
Эвапориты	0,26	Н.опр.	Н.опр.
Кислые вулканыты	0,44	0,0015	0,2
Средние вулканыты	1,13	0,0044	1,3
Основные вулканыты	2,11	0,0073	3,9
Граниты	8,21	0,001	2,1
Гранодиориты	3,38	0,0029	2,5
Базиты	1,5	0,0092	3,5
Сиениты	0,05	0,0005	<0,1
Ультрабазиты	0,05	0,001	<0,1
Метапесчаники	2,92	0,0044	3,3
Парагнейсы и парасланцы	30,56	0,0052	40,4
Метаморфизованные карбонатные породы	1,13	0,0021	0,6
Железистые породы	0,38	0,0057	0,6
Гранито-гнейсы	23,21	0,0029	17,2
Метариолиты	0,66	0,0028	0,5
Метаандезиты	1,03	0,0039	1
Метабазиты	3,29	0,0086	7,2
<b>Верхняя часть континентальной коры</b>	<b>100</b>	<b>0,0039</b>	<b>100</b>
Осадочные породы	19,95	0,00308	15,7
Вулканогенные породы	3,68	0,00571	5,4
Осадочный слой	23,23	0,0035	21,1
Магматические породы гранитно-гнейсового слоя	13,19	0,00242	8,1
Параметаморфические породы	34,99	0,00503	44,9
Ортометаморфические породы	28,19	0,0036	25,9
Гранитно-гнейсовый слой	76,37	0,00405	78,9

проб континентальных пород, выполненных микрообогатительными методами. Большинство использованных данных выражено в цифрах, некоторые - как «сл.» или «р. зн.». Последние обозначения приравнены половине чувствительности использо-

ванных методов. Количество изученных проб: пески и песчаники > 990, сиениты – 210, граниты – 133, гранодиориты и прочие гранитоиды повышенной основности - 98, метабазиты – 74, базиты > 59, метапесчаники > 49, парагнейсы и парасланцы > 35. Количество проанализированных проб каждой из других континентальных пород не известно, или меньше 30. Автору не удалось найти результатов количественных определений содержания медных минералов в глинах и глинистых сланцах, кремнистых породах, эвапоритах, метокарбонатных и железистых породах. Ниже перечислены главные источники данных.

**Пески и песчаники.** Глинисто-песчаные четвертичные отложения восточной части Балтийского Щита [Ильин, Сыромятина, 1972]. Пески Русской платформы [Ронов и др., 1963]. Палеозойские терригенные породы Центрального Таджикистана [Бабкин, 1986]. Нижне-рифейские песчаники и гравелиты Южного Урала [Сергеева, 1989]. **Глины и сланцы.** В описаниях глинистых сланцев изредка отмечают наличие медных минералов. Среднее содержание халькопирита принято условно соответствующим установленному для отмеченных выше четвертичных отложений восточной части Балтийского щита. **Карбонатные породы.** Известняки Русской платформы от меловых до докембрийских [Тимофеев, 1960]. **Вулканыты осадочного слоя.** Липариты Северного Кавказа [Ляхович, 1963]. Палеогеновые и меловые эффузивные породы Армении [Држбашян, 1965, Мнацаканян, 1965]. Пикритовые габбро-долериты и палагонитовые траппы Восточной Сибири [Альмухамедов, 1967, Наумов, Гурин, 1967]. **Гранитоиды.** Гранитоиды СССР [Ляхович, 1967]. Плагииграниты Армении [Бартикян, 1968]. Палеозойские гранитоиды Северного Тянь-Шаня [Туровский, Кокарев, 1968]. Диориты Приполярного Урала [Фишман и др., 1966] и Воронежского кристаллического массива [Чернышов, 1971]. **Базиты.** Уральские габбро, габбро-диабазы и прочие габброиды [Соболев, 1968, Фишман и др., 1968]. Лейкогаббро Казахстана [Спиридонов, 1971]. Докембрийские габброиды Воронежского кристаллического массива [Чернышов, 1971]. **Сиениты.** Палеозойские щелочные гранитоиды Северного Тянь-Шаня [Туровский, Кокарев, 1968]. Сиениты и щелочные габброиды Кольского полуострова [Батиева, Бельков, 1984, 1985]. Кембро-рифейские сиениты Приполярного Урала

[Фишман и др., 1968]. **Ультрабазиты.** Перидотиты Приполярного Урала [Фишман и др., 1968]. Докембрийские дуниты, перидотиты, серпентиниты Воронежского кристаллического массива [Чернышов, 1971]. **Метапесчаники.** Докембрийские метапесчаники, конгломераты, кварциты Приполярного Урала и Украинского Щита [Фишман и др., 1966, Вигорова, Покровский, 1973, Носырев и др., 1986]. **Парагнейсы.** Докембрийские парасланцы Приполярного Урала [Вигорова, Покровский, 1973]. Метаосадочные сланцы предкарельского комплекса (Кейвская и Стрельнинская серии) Балтийского щита (Вулканизм .., 1987). Докембрийские кристаллические сланцы Украинского щита [Носырев и др., 1986]. **Гранито-гнейсы.** Гнейсы гранулитовой фации Украинского щита [Носырев и др., 1986]. Уральские гранито-гнейсы [Ляхович, 1967]. **Метариолиты.** Уральские метадациты Именновской свиты [Гурбанов и др., 1999]. Рифейские метаморфизованные кварцевые порфиры Приполярного Урала [Фишман и др., 1968]. Доордовикские кварцевые амфиболиты Приполярного Урала [Фишман и др., 1966]. **Метаандезиты.** Протерозойские, содержащие кварц амфиболиты Северного Кавказа [Кременецкий, Овчинников, 1986]. Часть докембрийских амфиболитов Украинского щита [Носырев и др., 1986]. **Метабазиты.** Метабазальты из Уральской сверхглубокой скважины СГ-4 [Гурбанов и др., 1999]. Докембрийские зеленые сланцы и послеордовикские метаморфизованные диабазы и порфириты Приполярного Урала [Крылова и др., 1986, Фишман и др., 1966, 1968]. Докембрийские габбро-амфиболиты Центрального Памира [Акрамов, Дусматов, 1986]. Докембрийские метагабброиды и ортоамфиболиты Воронежского кристаллического массива [Чернышов, 1971].

#### **Распределение массы меди в совокупности континентальных горных пород**

Новые данные о среднем содержании Cu в континентальных породах [Григорьев, 2003] подробнее имевшихся раньше. Новые величины среднего содержания Cu преимущественно больше публиковавшихся раньше. Сравним среднее содержание Cu в верхней части континентальной коры в мас. %: 0,004 [Григорьев, 2003]; 0,0025 [Тейлор, Мак-Леннан, 1988]; 0,0014

[Wedepohl, 1995]. Среднее содержание Cu по нашим данным приближается к 0,0053 мас. % - кларковому для земной коры [Овчинников, 1990]. Распределение Cu в верхней части континентальной коры соответствует требованиям геохимического баланса. Ее среднее содержание в континентальных осадочных породах – 0,0031 мас. % практически равно, тому которое должно быть в продуктах выветривания гранитно-гнейсового слоя современного состава (0,0033 мас. % по определению изоалюминиевым методом). Среднее содержание Cu максимальное в основных породах, как магматических, так и ортометаморфических (табл. 1). Но средние коэффициенты концентрации здесь всего 1,9 - 2,4. Главные носители Cu парагнейсы и парасланцы (40,51 % ее массы), характеризуются средним коэффициентом концентрации 1,3. В главных породах-концентраторах (основных вулканитах осадочного слоя, в базитах и метабазитах гранитно-гнейсового слоя) сконцентрировано всего 14,6 % массы Cu.

#### **Доли массы меди, сконцентрированные в медных минералах**

Согласно полученным данным, в верхней части континентальной коры в медных минералах сконцентрировано 1,19 % массы Cu. Из них 0,98 % - в халькопирите (табл. 2). Последняя цифра несколько больше полученной раньше для верхней части всей земной коры (0,7 % массы Cu). В осадочном слое роль медных минералов вдвое больше, чем в гранитно-гнейсовом. Но в осадочных породах она минимальная (табл. 3). Зато максимальной ролью медных минералов характеризуются вулканиты осадочного слоя (табл.4). Причем доли масс Cu сконцентрированные в медных минералах последовательно уменьшаются от кислых вулканитов к основным. В гранитно-гнейсовом слое ситуация похожая: роль медных минералов максимальная в магматических породах, особенно в базитах (табл.5) и минимальная в параметаморфических (табл. 6). Среди ортометаморфических пород максимальной ролью медных минералов характеризуются метабазиты (табл. 7). Везде халькопирит - главный медный минерал.

Таблица 2

Роль медных минералов как носителей Cu в верхней части континентальной коры

Минералы	Содержание Cu в минералах, мас. %	Осадочный слой		Гранитно-гнейсовый слой		Верхняя часть континентальной коры	
		Содержание минералов	Доли массы Cu, отн. %	Содержание минералов	Доли массы Cu, отн. %	Содержание минералов	Доли массы Cu, отн. %
Метаторбернит	7,6	Н.опр.	Н.опр.	$9,7 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$7,4 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-5}$
Кубанит	23	$2,6 \cdot 10^{-5}$	0,171	Н.опр.	Н.опр.	$6 \cdot 10^{-6}$	0,035
Халькопирит	34,57	$1,6 \cdot 10^{-4}$	1,58	$9,3 \cdot 10^{-5}$	0,784	$1,1 \cdot 10^{-4}$	0,975
Блеклые руды	38	Н.опр.	Н.опр.	$4,5 \cdot 10^{-9}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-5}$
Хризоколла	39	Н.опр.	Н.опр.	$3,5 \cdot 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-5}$
Азурит	55,3	$1 \cdot 10^{-5}$	0,158	$1,6 \cdot 10^{-7}$	0,002	$2,5 \cdot 10^{-6}$	0,035
Малахит	57,4	$5,7 \cdot 10^{-6}$	0,093	$8,6 \cdot 10^{-7}$	0,012	$2 \cdot 10^{-6}$	0,029
Борнит	63,3	$8,9 \cdot 10^{-6}$	0,16	$1,4 \cdot 10^{-7}$	0,002	$2,2 \cdot 10^{-7}$	0,036
Ковеллин	66,5	$5,6 \cdot 10^{-7}$	0,011	$4,6 \cdot 10^{-6}$	0,075	$3,6 \cdot 10^{-6}$	0,06
Халькозин	79,8	$5,8 \cdot 10^{-7}$	0,013	$5,5 \cdot 10^{-8}$	0,001	$1,8 \cdot 10^{-7}$	0,004
Медь самородная	100	$1,2 \cdot 10^{-6}$	0,034	$1,6 \cdot 10^{-7}$	0,004	$4,1 \cdot 10^{-7}$	0,011
Сумма			2,22		0,88		1,185

Таблица 3

Доли массы Cu (отн. %), сконцентрированные в медных минералах в континентальных осадочных породах

Минералы	Пески и песчаники	Глины и сланцы	Карбонатные породы	Осадочные породы в целом
Халькопирит	0,0335 ( $3 \cdot 10^{-6}$ )	0,0288 ( $3 \cdot 10^{-6}$ )	0,0988 ( $6 \cdot 10^{-6}$ )	0,039 ( $3,5 \cdot 10^{-6}$ )
Азурит	0,0071 ( $4 \cdot 10^{-7}$ )	Н.опр.	Н.опр.	0,002 ( $1 \cdot 10^{-7}$ )
Малахит	0,0093 ( $5 \cdot 10^{-7}$ )	Н.опр.	Н.опр.	0,002 ( $1,3 \cdot 10^{-7}$ )
Борнит	0,002 ( $1 \cdot 10^{-7}$ )	Н.опр.	Н.опр.	0,001 ( $2,6 \cdot 10^{-8}$ )
Халькозин	0,0026 ( $1 \cdot 10^{-7}$ )	Н.опр.	Н.опр.	0,001 ( $2,6 \cdot 10^{-7}$ )
Медь самородная	0,01 ( $1 \cdot 10^{-7}$ )	Н.опр.	Н.опр.	$8 \cdot 10^{-4}$ ( $3 \cdot 10^{-8}$ )
Сумма	0,0645	0,288	0,988	0,045

123

Таблица 4

Доли массы Cu (отн. %), сконцентрированные в медных минералах в вулканических породах осадочного слоя континентальной коры

Минералы	Кислые	Средние	Основные	Вулканыты в целом
Кубанит	0,015 ( $1 \cdot 10^{-6}$ )	Н.опр.	0,95 (0,0003)	0,67 ( $1,5 \cdot 10^{-4}$ )
Халькопирит	6,91 (0,0003)	7,86 (0,001)	4,74 (0,001)	6,07 (0,001)
Азурит	0,73 ( $2 \cdot 10^{-5}$ )	0,25 ( $2 \cdot 10^{-5}$ )	0,76 (0,0001)	0,68 ( $7 \cdot 10^{-5}$ )
Малахит	0,077 ( $2 \cdot 10^{-6}$ )	0,26 ( $2 \cdot 10^{-5}$ )	0,39 ( $5 \cdot 10^{-5}$ )	0,37 ( $3,7 \cdot 10^{-5}$ )
Борнит	Н.опр.	Н.опр.	0,87 (0,0001)	0,63 ( $5,7 \cdot 10^{-5}$ )
Ковеллин	1,33 ( $3 \cdot 10^{-5}$ )	Н.опр.	Н.опр.	0,04 ( $3,6 \cdot 10^{-6}$ )
Халькозин	1,6 ( $3 \cdot 10^{-5}$ )	Н.опр.	Н.опр.	0,05 ( $3,6 \cdot 10^{-6}$ )
Медь самородная	0,13 ( $2 \cdot 10^{-6}$ )	0,18 ( $8 \cdot 10^{-6}$ )	0,11 ( $8 \cdot 10^{-6}$ )	0,13 ( $7,3 \cdot 10^{-6}$ )
Сумма	10,803	8,551	7,81	8,66

Таблица 5

Доли массы Cu (отн. %), сконцентрированные в медных минералах в магматических породах гранитно-гнейсового слоя

Минералы	Граниты	Гранодиориты	Базиты	Сиениты	Ультрабазиты	Магматические породы в целом
Метаторбернит	$7 \cdot 10^{-4}$ ( $9 \cdot 10^{-8}$ )	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$2 \cdot 10^{-4}$ ( $5,6 \cdot 10^{-8}$ )
Халькопирит	4,15 ( $1,2 \cdot 10^{-4}$ )	0,954 ( $8 \cdot 10^{-5}$ )	9,394 (0,0025)	1,87 ( $2,7 \cdot 10^{-5}$ )	1,728 ( $5 \cdot 10^{-5}$ )	5,47 ( $3,8 \cdot 10^{-4}$ )
Блеклые руды	Н.опр.	0,001 ( $1 \cdot 10^{-7}$ )	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$4 \cdot 10^{-4}$ ( $2,6 \cdot 10^{-8}$ )
Хризоколла	0,001 ( $3 \cdot 10^{-8}$ )	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$3 \cdot 10^{-4}$ ( $2 \cdot 10^{-8}$ )
Азурит	0,072 ( $1,3 \cdot 10^{-6}$ )	0,008 ( $4 \cdot 10^{-7}$ )	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	0,021 ( $9 \cdot 10^{-7}$ )
Малахит	0,115 ( $2 \cdot 10^{-6}$ )	0,01 ( $5 \cdot 10^{-7}$ )	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	0,033 ( $1,4 \cdot 10^{-6}$ )

124

Продолжение таблицы 5

Минералы	Граниты	Гранодиориты	Базиты	Сиениты	Ультрабазиты	Магматические породы в целом
Борнит	0,082 ( $1,3 \cdot 10^{-6}$ )	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	0,063 ( $1 \cdot 10^{-6}$ )	0,021 ( $8 \cdot 10^{-7}$ )
Ковеллин	0,047 ( $7 \cdot 10^{-7}$ )	0,046 ( $2 \cdot 10^{-6}$ )	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	0,026 ( $9,5 \cdot 10^{-7}$ )
Халькозин	Н.опр.	0,0006 ( $2 \cdot 10^{-8}$ )	0,009 ( $1 \cdot 10^{-6}$ )	Н.опр.	0,08 ( $1 \cdot 10^{-6}$ )	0,004 ( $1,2 \cdot 10^{-7}$ )
Медь самородная	0,037 ( $3,7 \cdot 10^{-7}$ )	0,069 ( $2 \cdot 10^{-6}$ )	Н.опр.	0,2 ( $1 \cdot 10^{-6}$ )		0,031 ( $7,5 \cdot 10^{-7}$ )
Сумма	4,503	1,088	9,403	2,07	1,871	5,606

Таблица 6

Доли массы Cu (отн. %), сконцентрированные в медных минералах в параметаморфических породах

Минералы	Метапесчаники	Парасланцы	Параметаморфические породы в целом
Халькопирит	0,314 ( $4 \cdot 10^{-5}$ )	0,073 ( $1 \cdot 10^{-5}$ )	0,09 ( $1,3 \cdot 10^{-5}$ )
Малахит	0,13 ( $1 \cdot 10^{-5}$ )	Н.опр.	0,01 ( $8,4 \cdot 10^{-7}$ )
Ковеллин	0,012 ( $8 \cdot 10^{-7}$ )	Н.опр.	$9 \cdot 10^{-4}$ ( $6,7 \cdot 10^{-8}$ )
Сумма	0,456	0,073	0,1

Таблица 7

Доли массы Cu (отн. %), сконцентрированные в медных минералах в ортометаморфических породах

Минералы	Гранито-гнейсы	Метариолиты	Метандезиты	Метабазиты	Ортометаморфические породы в целом
Халькопирит	0,074 ( $6,2 \cdot 10^{-6}$ )	2,35 $1,9 \cdot 10^{-4}$	0,079 ( $9 \cdot 10^{-6}$ )	3,22 (0,0008)	0,547 ( $5,7 \cdot 10^{-5}$ )
Малахит	0,004 ( $2 \cdot 10^{-6}$ )	0,002 ( $1 \cdot 10^{-7}$ )	Н.опр.	0,027 ( $4 \cdot 10^{-6}$ )	0,01 ( $6,3 \cdot 10^{-7}$ )
Ковеллин	Н.опр.	0,475 ( $2 \cdot 10^{-5}$ )	Н.опр.	0,773 (0,0001)	0,222 ( $1,2 \cdot 10^{-5}$ )
Халькозин	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	0,007 ( $8 \cdot 10^{-7}$ )	0,002 ( $9,3 \cdot 10^{-8}$ )
Медь самородная	0,003 ( $1 \cdot 10^{-7}$ )	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	0,002 ( $8,2 \cdot 10^{-8}$ )
Сумма	0,081	2,827	0,79	4,027	0,783

## Обсуждение полученных данных

В верхней части континентальной коры только 66,9 % массы Cu находится в горных породах, которые пока можно считать изученными удовлетворительно (> 35 определений содержаний медных минералов). Микробогатительные методы количественного минералогического анализа наиболее надежны но не совершенны. При наиболее распространенных их вариантах учитывают только частицы медных минералов крупностью 50-250 мкм или > 30-50 мкм. Таким образом, и здесь получаемые данные преуменьшены. Для осадочных и параметаморфических пород есть еще одна причина преуменьшения роли медных минералов. Это отсутствие достаточных данных о медистых песчаниках и сланцах. В известных автору работах, в том числе и в обобщающих [Медный пояс., 1963; Наркелюн и др., 1983; Иванов, 1996] упомянуто много медных минералов, но данные об их содержании лишь качественные.

Возможности определения величины отмеченного преуменьшения пока практически нет. Для этого нужны данные о минеральных балансах Cu в континентальных породах [Григорьев, 1999а]. Они определены только для некоторых магматических пород и тоже с учетом лишь относительно крупных частиц халькопирита. То есть, роль последнего в них тоже преуменьшена. В гранитах и аляскитах Средней Азии [Рабинович, Бадалов, 1971; Редкие элементы., 1972] при валовом содержании Cu меньше среднего для гранитов (0,0003 – 0,0007 мас. %) медные минералы не установлены. При содержании Cu близком к среднему (0,0007 – 0,0016 мас. %) доли ее массы, сконцентрированные в халькопирите варьируют от 0 до 18 отн. %. При содержании Cu больше среднего (0,0052 мас. %) в халькопирите сконцентрировано 53 % ее массы. В гранодиоритах Средней Азии и Казахстана [Рабинович, Бадалов, 1971; Спиридонов, 1971] при содержании Cu меньше среднего (0,0006 – 0,0007 мас. %) доли ее масс, сконцентрированные в халькопирите 1-2,9 отн. %. При содержании близком к среднему (0,0012 – 0,005 мас. %) в халькопирите сконцентрировано от 1 до 29 % массы Cu. Отмеченные данные в целом близки к нашим оценкам средних величин долей масс Cu, сконцентрированных в медных минералах гранитоидов. В лейкогаббро Северо-Восточного Казах-

стана при содержании Cu, близком к среднему (0,0042-0,0084 мас. %) доли масс Cu, сконцентрированные в халькопирите варьируют от 26 до 54 отн. % (Спиридонов, 1971). Это существенно больше нашей оценки средней роли медных минералов в базитах гранитно-гнейсового слоя. Но отмеченные лейкогаббро не обычные базиты.

### Выводы

Таким образом, полученные данные – очередное приближение к истине. Установлено, что в верхней части континентальной коры в медных минералах сконцентрировано 1,2 % массы Cu. В том числе 0,98% - в халькопирите. Максимальная концентрация Cu в медных минералах имеет место в вулканогенных породах осадочного слоя (8,66 % массы) и в магматических породах гранитно-гнейсового слоя (5,6 % массы). Минимальной концентрацией Cu в медных минералах характеризуются горные породы: осадочные (0,056 % массы) и парагенетические (0,1 % массы). Эти величины – очередное приближение к истине. Их нужно рассматривать как минимально возможные.

### Литература

1. **Акрамов Б.М., Дусматов В.Д.** Акцессорные минералы докембрийских ортоамфиболитов Центрального Памира // Акцессорные минералы докембрия. М.: Наука. 1986. С.170-175.
2. **Альмухамедов А.И.** Поведение титана в процессах дифференциации базальтовой магмы // Геохимия. 1967. №1. С. 75-85.
3. **Бабкин В.Ф.** Минералы тяжелой фракции терригенных образований палеозоя (Центральный Таджикистан) // Минеральные кларки и природа их устойчивости. Душанбе. Дониш. 1986. С. 145-146.
4. **Бартикян М.П.** Акцессорные минералы Шамшадинской группы интрузивов (Армения) // Акцессорные минералы изверженных пород. М.: Наука, 1968. С. 108-115.
5. **Батиева И.Д., Бельков И.В.** Сахарйокский щелочной массив, слагающие его горные породы и минералы. Апатиты. 1984. 133 с.
6. **Батиева И.Д., Бельков И.В.** Закономерности концентрации рудных элементов в связи со щелочными гранитоидами Кольского полуострова. В кн.: «Закономерности концентрации рудных элементов в гранитоидных формациях Карело-Кольского региона». Апатиты, 1985. С. 62-72.

7. **Вигорова В.Г., Покровский П.В.** Некоторые особенности акцессорной минерализации гранитоидов центральной и восточной части Приполярного Урала // Геология и полезные ископаемые северо-востока европейской части СССР и севера Урала. Сыктывкар, 1973. Т. 2. С. 334-340.

8. **Вулканизм и седиментогенез докембрия северо-востока Балтийского щита** / А.А.Предковский, В.А. Мележик, В.В. Болотов и др. Л. Наука. 1987, 185 с.

9. **Григорьев Н.А.** Введение в минералогическую геохимию. Екатеринбург. 1999а. 302с.

10. **Григорьев Н.А.** Максимины как носители химических элементов в верхней части земной коры. Геохимия, № 12. 1999б. С. 1298-1303.

11. **Григорьев Н.А.** Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры. Геохимия, № 7, 2003 г. С. 785-792.

12. **Гурбанов А.Г., Бубнов С.Н., Гольцман Ю.В. и др.** Петрогенезис и возраст вулканических образований Именновской свиты в разрезе Уральской сверхглубокой скважины по изотопным и геохимическим данным (интервал 0-4617 м) // Научное бурение в России. Результаты бурения и исследований Уральской сверхглубокой скважины (СГ-4). Вып. 5. Ярославль. 1999. С. 132-168.

13. **Држбашян Р.Т.** Акцессорные элементы и минералы эффузивных образований Базумского хребта как индикаторы их металлогенической специализации // Акцессорные минералы и элементы как критерий комагматичности и металлогенической специализации магматических комплексов. М. Наука. 1965. С. 79-101.

14. **Злобин Б.И.** О формах нахождения меди в изверженных горных породах. Зап. Всес. Мин. Общ. 1969, 93, вып. 5. С. 530-538.

15. **Иванов В.В.** Экологическая геохимия элементов. Книга 4. М. Недра. 1996. 409 с.

16. **Ильин В.А., Сыромятина Н.Д.** Минералогические особенности четвертичных отложений и их зависимость от подстилающих коренных пород // Четвертичная геология и геоморфология восточной части Балтийского щита. Л. Наука. 1972. С. 102-108.

17. **Кременецкий А.А., Овчинников Л.Н.** Геохимия глубинных пород. М. Наука. 1986. 262с.

18. **Крылова Г.И., Кокарев Г.Н., Сучкова Е.М., Хетчиков Л.Н.** Видовой состав и распространенность акцессорных минералов в докембрийских породах хрусталеносных районов Урала // Акцессорные минералы докембрия. М.: Наука. 1986. С. 45-85.

19. **Ляхович В.В.** Акцессорные минералы эффузивных и субэффузивных пород. Известия АН СССР. Сер. геол. 1963. № 12. С. 80-90.

20. **Ляхович В.В.** Акцессорные минералы в гранитоидах Советского Союза. М. Наука. 1967. 448 с.

21. **Медный пояс Северной Родезии.** М. Издательство Иностранной Литературы. 1963. 472 с.

22. **Мнацаканян А.Х.** Акцессорно-минералогические и геохимические особенности меловых вулканических серий Северной Армении как индикато-

ры коагматичности и металлогенической специализации вулканических комплексов // Акцессорные минералы и элементы как критерий коагматичности и металлогенической специализации магматических комплексов. М. Наука. 1965. С. 39-78.

**23. Наумов В.А., Гурин А.П.** Распределение ванадия, хрома, кобальта, никеля и меди в дифференцированной интрузии палагонитовых траппов в верхнем течении Нижней Тунгуски // Геохимия. 1967. №2. С. 214-220.

**24. Наркелюн Л.Ф., Салихов В.С., Трубачев А.И.** Медистые песчаники и сланцы Мира. М. Недра. 1983. 414 с.

**25. Носырев И.В., Робул В.М., Голуб П.Я. и др.** Акцессорные минералы метаморфических пород Украинского Щита // Акцессорные минералы докембрия. М.: Наука. 1986. С. 34-45.

**26. Овчинников Л.Н.** Прикладная геохимия. М. Недра. 1990. 248 с.

**27. Рабинович А.В., Бадалов С.Г.** К геохимии меди некоторых интрузивных пород Карамазара. Геохимия. 1971. № 2. С. 243-248.

**28. Редкие элементы и акцессорные минералы в интрузивных комплексах Среднего Тянь-Шаня/** Козырев В.В., Ежов Ю.В., Левченко И.В., Шувалов В.Г. и др. Ташкент. Изд. ФАН Узб. ССР. 1972. 299 с.

**29. Ронов Б.А., Михайловская М.С., Солодкова И.И.** Эволюция химического и минерального состава песчаных пород // Химия земной коры, т.1. М. Изд. АН СССР. 1963. С. 201-252.

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

**31. Санделл Э.Б., Гольдич С.С.** Редкие металлы некоторых американских изверженных пород. В кн. Редкие элементы в изверженных горных породах и минералах. М. Издательство Иностранной литературы. 1952. С. 183-227.

**32. Сергеева Н.Д.** Акцессорные минералы терригенных толщ. В кн.: Нижний рифей Южного Урала / Козлов В.И., Краснобаев А.А., Ларионов Н.Н. и др. М. Наука. 1989, С. 148-166.

**33. Соколов С.Ф.** Акцессорные минералы ультраосновных и основных пород Урала. В кн. «Акцессорные минералы изверженных пород. М. Наука. 1968. 236-248 с.

**34. Спиридонов Э.М.** Золото и медь в горных породах Степнякского и Бестюбинского золоторудных полей. Геология и Геофизика, № 9, 1971. С. 124-130.

**35. Тейлор С.Р., Мак-Леннон С.М.** Континентальная кора, ее состав и эволюция. М., Мир, 1988, с. 379.

**36. Тимофеев В.Д.** Киноварь, золото, халькопирит и циркон в известняках Русской платформы // Доклады Академии наук СССР. 1960. Т.131. №2. С. 395-397.

**37. Туровский С.Д., Кокарев Г.Н.** Акцессорные минералы палеозойских интрузивных комплексов Северного Тянь-Шаня // Акцессорные минералы изверженных пород. М.: Наука. 1968. С. 130-141.

**38. Фишман М.В., Голдин Б.А., Калинин Е.П.** Некоторые особенности амфиболитов Приполярного Урала // Петрография и минералогия Приполярного Урала и Тимана. М.-Л.: Наука. 1966. С. 98-113.

**39. Фишман М.В., Голдин Б.А., Юшкин Н.П., Калинин Е.П.** Акцессорные минералы в горных породах южной части Печорского Урала // Петрография и минералогия Приполярного Урала и Тимана. Л.-М. Наука. 1966. С. 3-63.

**40. Фишман М.В., Юшкин Н.П., Голдин Б.А., Калинин Е.П.** Минералогия, типоморфизм и генезис акцессорных минералов изверженных пород севера Урала и Тимана Л.: Наука. 1968. 251с.

**41. Чернышов Н.М.** Сульфидные медно-никелевые месторождения юго-востока Воронежского кристаллического массива. Издательство Воронежского Университета. Воронеж, 1971. 312 с.

**42. Wedepohl K.H.** The Composition of the Continental Crust. Geochimica et Cosmochimica Acta № 7, v. 59. 1995. P. 1217-1232.