

УДК 549:552.4

© Д. чл. УАГН Н.А. Григорьев

**СРЕДНИЙ МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ
ОРТОМЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД
КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЫ**

Институт геологии и геохимии

Уральского научного центра Российской Академии наук.

620151, Екатеринбург, Почтовый пер., 7, Россия;

Факс (3432) 71-52-52

E-mail: Grigor'ev @ igg. uran. ru; root @ igg. e-burg. su

Автореферат

Впервые определено среднее содержание 101 минерала в ортометаморфических породах континентальной коры по модели А.Б. Ронова и др. (1990). Расчет выполнен на базе более чем 250 количественных минералогических анализов важнейших горных пород, опубликованных преимущественно в СССР и США. Наиболее важное отличие ортометаморфических пород от параметаморфических – меньшее среднее содержание минералов С и Са, особенно кальцита. Среднее содержание минералов, широко использующихся в промышленности – 1,2 мас. %, реакционноспособных минералов (сульфиды, галогены, карбонаты, фосфаты) – 0,3 мас. %, наиболее токсичных реакционноспособных минералов $1,5 \cdot 10^{-5}$ мас. %.

© N.A. Grigor'ev.

**THE AVERAGE MINERAL COMPOSITION OF THE
ORTOMETAMORPHOSED ROCKS OF THE
CONTINENTAL CRUST'S**

Abstract

The average contents of 101 minerals in the ortometamorphosed rocks of the continental crust's has been calculated by the model of A. B. Ronov et al. (1990). Calculation

73

has been made by the base more than 250 quantitative mineralogical analyses important rocks, published mainly in the USSR and USA. An important difference of ortoamorphosed rocks from paraortometamorphosed rocks – more less average content of calcite. Average content minerals widely using in industry – 1.2%, reaction minerals (sulfides, halogens, carbonates, phosphates) – $1.5 \cdot 10^{-5}$ %.

В статье впервые приведены результаты определения среднего минерального состава ортометаморфических пород. Расчет выполнен на базе модели химического строения земной коры А.Б.Ронова с коллегами (1990). Непрерывный поток новых данных постоянно меняет представления о строении и составе земной коры в целом (Резанов, 2002). Но преобладающие представления о строении и составе верхней части континентальной коры пока остаются принципиально соответствующими отмеченной модели. Эта модель эмпирическая и наиболее детальная. В ней к континентальной коре отнесены собственно континентальные и субконтинентальные блоки. Суммарная их площадь 213 млн. км². Верхняя часть континентальной коры разделена на два слоя: осадочный и гранито-гнейсовый. Граница между ними в данной модели приблизительно соответствует нижней границе верхнего протерозоя. Считается, что верхний слой сложен осадочными и вулканогенными породами; нижний - магматическими и метаморфическими (Ронов и др., 1990). В действительности лишь местами имеется четкая граница между отмеченными слоями (Резанов, 2002). Значительная часть толщ (особенно палеозойских) представлена сложными комбинациями осадочных, магматических и метаморфических пород. Вопрос о том, к какому слою следует относить такие толщи остается открытым. В частности их 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). Но предпринятая автором попытка практической реализации отмеченного представления для совершенствования модели А.Б. Ронова и др. (1990) оказалась неудачной. Одна из причин заключается в том, что в литературе метаморфическим породам нередко дают названия ис-

74

ходных осадочных и вулканогенных. Поэтому в данной работе использован в качестве базового лишь несколько детализированный фрагмент отмеченной 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.

При расчетах использованы преимущественно результаты количественных минералогических анализов горных пород, перечисленных ниже.

Гранито-гнейсы. Меловые гнейсы Сьерра Невады (Kovisars, 1971). Ортогнейсы грано-сиенитового состава района Нью-Йорка (Buddington, 1963). Ортогнейсы Урала и Тувы (Ляхович, 1968, Фишман и др., 1966, Маркс, 1969). Плаггиогнейсы и мигматиты грано-сиенитового состава района озера Байкал (Макрыгина, 1984). Аподиабазовые и апогнейсовые мигматиты Криворожской зоны (Трошенко, 1975). Докембрийские гранито-гнейсы Монтаны (Buttler, 1966). Докембрийские плаггиогранито-гнейсы Нью-Джерси (Young, 1971). Гнейсы Украинского Щита (Носырев и др., 1986). Своеобразные, богатые кварцем и бедные плаггиоклазами гнейсы Кольского полуострова (Бельков и др., 1988). Плаггиогранито-гнейсы Чупино-Лоухского района Северной Карелии (Арутюнов, 1971). Докембрийские плаггиогранито-гнейсы центральной и западной частей Беломорья (Володичев, 1975) и плаггиогнейсы Антарктиды (Равич, Каменев, 1972).

Метариолиты. Уральские палеозойские и допалеозойские метаморфизованные липариты, дациты, кварцевые порфиры, липаритовые и трахилипаритовые порфиры их туфы (Голдин и др., 1968, 1975, Дианова, 1958, Язева, 1973, Гурбанов и др., 1999). Докембрийские метаморфизованные кислые вулканиды Украинского щита (Носырев и др., 1986). Учтены полуколичественные данные по другим объектам. В частности по

гелефлинтам и лептитам Карелии (Лазур и др., 1988).

Метаандезиты Палеозойские метаморфизованные андезит-базальтовые порфириды Урала (Сазонов, 1991). Протерозойские кварцсодержащие амфиболиты Северного Кавказа (Кременецкий, Овчинников, 1986). Некоторые докембрийские кварц-амфибол-полевошпатовые эклогитоподобные породы Кольского полуострова (Володичев, 1975). Некоторые архейские кварц-пироксен-амфибол-плаггиоклазовые сланцы Антарктиды (Равич, Каменев, 1972).

Метабазиты Меловые амфиболиты Венисуэллы (Kovisars, 1971). Палеозойские зеленые сланцы Калифорнии (Davis a.o., 1965). Палеозойские метаморфизованные диабазы и андезит-базальтовые порфиры Среднего Урала (Сазонов, 1989, 1991). Метабазальты Именновской свиты на Урале (Гурбанов и др., 1999). Послеордовикские и доордовикские амфиболиты, диабазы, габбро-диабазы, порфириды Приполярного Урала (Фишман и др., 1966, 1968). Метабазальты Калифорнии (Ernst, 1965). Амфиболовые сланцы Манхеттенской формации района Нью Йорк (Blank, 1972). Метабазиты Среднего Приднестровья (Танатар-Бараш, Дудник, 1977). Ортоамфиболит (проба АБ-246) Северного Прибайкалья (Макрыгина, Смирнова, 1984). Амфиболиты Ильменских гор на Среднем Урале (Панков, 1971). Докембрийские ортоамфиболиты Центрального Памира (Акрамов, Дусматов, 1986). Докембрийские зеленые сланцы и аподиабазовые амфиболиты Приполярного Урала (Крылова и др., 1986). Докембрийские амфиболиты Венисуэллы (Kalliokoski, 1965), Монтаны и Вайоминга (Butler, 1966). Докембрийские метаэффузивы, метагаббро, амфиболиты и двупироксен-плаггиоклазовые гнейсы Украинского Щита (Железисто-кремнистая., 1974, Носырев и др., 1986, Щербаков, 1975). Докембрийские амфиболиты, эклогиты и эклогитоподобные породы Кольского полуострова (Володичев, 1975). Архейские пироксен-плаггиоклазовые и гранат-пироксен-плаггиоклазовые ортосланцы Антарктиды (Равич, Каменев, 1972).

Ортометаморфические породы по среднему содержанию плаггиоклазов близки к магматическим. Среднее содержание (мас.%) соответственно: лабрадор + андезин 13,03 и 11,53; олигоклаз 22,53 и 24,53; альбит 2,06 и 2,41. Но в ортомагматических породах существенно больше, чем в магматических цепо-

Таблица 1
Среднее содержание минералов в ортометаморфических породах гранитно-метаморфического слоя, мас. %.

Минералы	Гранито-гнейсы	Мета-риолиты	Мета-андезиты	Мета-базиты	В целом
Самородные элементы					
Медь	$1 \cdot 10^{-7}$	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$82 \cdot 10^{-9}$
Свинец	$2 \cdot 10^{-7}$	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$16 \cdot 10^{-8}$
Висмут	$1 \cdot 10^{-7}$	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$82 \cdot 10^{-9}$
Графит	$2 \cdot 10^{-7}$	Н.опр.	Н.опр.	0,005	$58 \cdot 10^{-5}$
Муассанит	-	Н.опр.	Н.опр.	$5 \cdot 10^{-6}$	$58 \cdot 10^{-8}$
Сульфиды					
Халькозин	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$8 \cdot 10^{-7}$	$93 \cdot 10^{-9}$
Сфалерит	$3 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$22 \cdot 10^{-7}$	$32 \cdot 10^{-7}$
Халькопирит	$62 \cdot 10^{-7}$	$19 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-6}$	0,0008	$57 \cdot 10^{-6}$
Пирротин	0,01	0,03	0,01	0,03	0,013
Никелин	$1 \cdot 10^{-6}$	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$82 \cdot 10^{-8}$
Галенит	$43 \cdot 10^{-7}$	0,001	$13 \cdot 10^{-9}$	$7 \cdot 10^{-8}$	$59 \cdot 10^{-7}$
Киноварь	$1 \cdot 10^{-7}$	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$82 \cdot 10^{-9}$
Ковеллин	Н.опр.	$2 \cdot 10^{-5}$	Н.опр.	0,0001	$12 \cdot 10^{-6}$
Джемсонит	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-7}$
Пирит	0,04	0,034	0,03	0,06	0,042
Марказит	Н.опр.	0,0095	Н.опр.	0,01	0,0014
Арсенопирит	$4 \cdot 10^{-6}$	Н.опр.	$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$75 \cdot 10^{-7}$
Молибденит	$85 \cdot 10^{-7}$	$18 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-9}$	$16 \cdot 10^{-7}$	$76 \cdot 10^{-7}$
Галогениды					
Флюорит	$2 \cdot 10^{-5}$	0,0007	Н.опр.	$3 \cdot 10^{-6}$	$33 \cdot 10^{-6}$
Оксиды					
Шпинель	$25 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-5}$	Н.опр.	0,0004	$18 \cdot 10^{-5}$
Магнетит	0,5	0,6	0,25	0,35	0,476
Хромит	Н.опр.	$3 \cdot 10^{-5}$	Н.опр.	$2 \cdot 10^{-6}$	$94 \cdot 10^{-8}$
Корунд	$4 \cdot 10^{-5}$	Н.опр.	Н.опр.	$1 \cdot 10^{-5}$	$36 \cdot 10^{-6}$
Гематит	0,0007	0,1	Н.опр.	0,12	0,017
Ильменит	0,15	0,23	0,4	0,45	0,2
Перовскит	$12 \cdot 10^{-5}$	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	0,0001
Пирохлор	$2 \cdot 10^{-5}$	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$16 \cdot 10^{-6}$
Кварц	24	35	15,7	5,5	21,8
Рутил	$48 \cdot 10^{-6}$	0,0004	0,007	0,03	0,0038
Касситерит	$14 \cdot 10^{-7}$	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$12 \cdot 10^{-7}$
Ильменорутит	$4 \cdot 10^{-7}$	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$33 \cdot 10^{-8}$
Анаказ	0,0002	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$16 \cdot 10^{-5}$
Брукингит	Н.опр.	Н.опр.	$3 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$23 \cdot 10^{-9}$
Уранинит	$6 \cdot 10^{-7}$	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$5 \cdot 10^{-7}$

Продолжение таблицы 1

Гидроксиды					
Гетит	0,0027	Н.опр.	Н.опр.	$1 \cdot 10^{-5}$	0,0022
Карбонаты					
Сидерит	-	0,1	0,72	0,55	0,093
Кальцит	0,12	0,6	0,96	0,1	0,16
Малахит	$2 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	Н.опр.	$4 \cdot 10^{-6}$	$63 \cdot 10^{-8}$
Бастнезит	0,0012	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	0,001
Бисмутит	$1 \cdot 10^{-7}$	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$82 \cdot 10^{-9}$
Сульфаты					
Барит	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-8}$
Вольфраматы					
Шеелит	Н.опр.	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$18 \cdot 10^{-7}$
Фосфаты					
Ксенотим	$75 \cdot 10^{-6}$	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$62 \cdot 10^{-6}$
Монацит	0,0027	$2 \cdot 10^{-6}$	Н.опр.	$4 \cdot 10^{-8}$	0,0022
Апатит	0,18	0,076	0,3	0,04	0,166
Островные силикаты					
Альмандин	1,3	0,5	0,1	0,5	1,14
Андрадит	-	-	-	0,001	0,0001
Циркон	0,0057	0,014	$47 \cdot 10^{-6}$	0,0009	0,0051
Циртолит	$4 \cdot 10^{-6}$	Н.опр.	Н.опр.	$7 \cdot 10^{-7}$	$34 \cdot 10^{-7}$
Торит	$4 \cdot 10^{-5}$	Н.опр.	Н.опр.	0,0003	$36 \cdot 10^{-6}$
Силлиманит	0,033	$6 \cdot 10^{-5}$	Н.опр.	$5 \cdot 10^{-5}$	0,027
Дистен	0,067	0,0001	Н.опр.	$7 \cdot 10^{-5}$	0,055
Топаз	$4 \cdot 10^{-6}$	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	$33 \cdot 10^{-7}$
Ставролит	0,015	0,0017	0,05	Н.опр.	0,014
Титанит	0,15	0,17	0,55	0,4	0,19
Лейкоксен	$15 \cdot 10^{-5}$	0,1	0,17	0,1	0,02
Лосонит	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	0,28	0,033
Клиноцоизит	Н.опр.	0,2	Н.опр.	1	0,12
Эпидот	0,1	2,6	2,3	7	1,04
Цоизит	-	-	0,2	0,5	0,065
Ортит	0,0066	0,008	Н.опр.	Н.опр.	0,0056
Пумпеллиит	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	0,004	0,0002
Кольцевые силикаты					
Кордиерит	-	-	0,02	Н.опр.	0,002
Турмалин	0,0064	0,0022	$17 \cdot 10^{-5}$	0,0037	0,0057
Цепочечные силикаты					
Диопсид	Н.опр.	Н.опр.	2	1,7	0,27
Геденбергит	Н.опр.	Н.опр.	0,5	0,08	0,028
Салит	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	0,9	0,105

Продолжение таблицы 1

Сподумен	4·10 ⁻⁷	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	33·10 ⁻⁸
Эгирин	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	1	0,12
Авгит	1	0,4	1,5	9	1,94
Бронзит	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	0,5	0,058
Гиперстен	0,3	0,1	0,7	3,3	0,66
Куммингтонит	Н.опр.	Н.опр.	2	5,8	0,75
Тремолит	Н.опр.	0,1	Н.опр.	0,2	0,026
Актинолит	Н.опр.	0,5	2	5	0,67
Арфведсонит	Н.опр.	0,05	Н.опр.	Н.опр.	0,0012
Кроссит	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	1,15	0,18
Гастигсит	1	Н.опр.	Н.опр.	2	1,06
Роговая обманка	2,1	1	4,8	8	2,86
Жедрит	Н.опр.	Н.опр.	0,5	Н.опр.	0,018
Слоистые силикаты					
Мусковит	0,9	6,5	4	0,2	1,07
Фенгит	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	0,01	0,0012
Флогопит	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	0,1	0,012
Биотит	11,5	2,5	2,8	5,8	10,06
Лепидомелан	0,26	Н.опр.	Н.опр.	0,1	0,26
Гидромусковит	-	0,5	Н.опр.	-	0,012
Стильпномелан	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	0,07	0,0082
Пеннин	Н.опр.	0,05	0,3	0,4	0,059
Клинохлор	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	0,2	0,023
Рипидолит	2,8	2	3,6	3,8	2,93
Тюрингит	Н.опр.	2,7	5,5	Н.опр.	0,26
Гарньерит	Н.опр.	4·10 ⁻⁵	Н.опр.	2·10 ⁻⁵	33·10 ⁻⁷
Каркасные силикаты					
Анортит	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	0,04	0,0048
Битовнит	0,4	Н.опр.	0,3	1,5	0,52
Лабрадор	3,4	Н.опр.	3	12	4,31
Андезит	8	Н.опр.	12	14,5	8,72
Олигоклаз	26	14,6	15	2	22,53
Альбит	1	22	13,5	2	2,06
КПШ	14	5,3	3,5	0,3	11,81
Скаполиты	Н.опр.	Н.опр.	0,3	0,3	0,046
Томсонит	Н.опр.	0,5	Н.опр.	Н.опр.	0,012
С у м м а	>99,09	>99,36	>99,54	>99,23	>99,14

чечных и слоистых силикатов, меньше кварца и калиевых полевых шпатов. Среднее содержание (мас.%) соответственно: пироксенов + амфиболов 10,02 и 5,21; слоистых силикатов 14,63 и 8,33; кварца 21,8 и 25,39; калиевых полевых шпатов 11,81 и

19,52. Наиболее важное отличие ортометаморфических пород от параметаморфических – меньшее содержание минералов С и Са, особенно кальцита.

Минералы, являющиеся традиционными источниками химических элементов (кроме О и Si) и их соединений, составляют около 1,2 % массы ортометаморфических пород. В том числе: сульфиды - 0,055%, оксиды – 0,75%, карбонаты, сульфаты, фосфаты, вольфраматы – 0,42%; силикаты редких элементов – 0,01%. Но еще 13,6% массы здесь представлено такими перспективными для крупномасштабного освоения минералами как калиевые шпаты, мусковит, силлиманит, ставролит, дистен, титанит. Реакционноспособных минералов (самородные элементы, сульфиды, флюорит, карбонаты, барит, шеелит, фосфаты) в ортометаморфических породах – 0,24 мас. %. Минералов опасных в экологическом отношении (сульфиды, флюорит и др.) - около 0,15 мас. %. Реакционноспособных минералов наиболее токсичных элементов (Hg, Pb, As) около 1,5·10⁻⁵ %.

ВЫВОДЫ

Ортометаморфические породы по среднему минеральному составу близки к магматическим. Но по сравнению с магматическими породами они содержат больше цепочечных и слоистых силикатов, а также меньше кварца и калиевых полевых шпатов. Наиболее важное отличие ортометаморфических пород от параметаморфических – меньшее среднее содержание минералов С и Са, особенно кальцита. Минералы, являющиеся традиционными источниками химических элементов (кроме О и Si) и их соединений, составляют около 1,2 % массы ортометаморфических пород. Содержание минералов опасных в экологическом отношении (сульфиды, флюорит и др.) - около 0,15 мас. %.

Литература

1. **Акрамов Б.М., Дусматов В.Д.** Акцессорные минералы докембрийских ортоамфиболитов Центрального Памира // Акцессорные минералы докембрия. М.: Наука. 1986. С.170-175.

2. **Арутюнов Г.М.** Новые данные по геохимии продуктивных гнейсов Чупино-Лоухского района (Северная Карелия). В 80

кн. Минералогия и геохимия докембрия Карелии. Л., Наука, 1971. С. 48-53.

3. **Беус А.А.** Геохимия литосферы. М. Недра. 1981. 335 с.

4. **Володичев О.И.** Метаморфизм фации дистеновых гнейсов на примере Беломорского комплекса. Л.: Наука, 1975. 170 с..

5. **Голдин Б.А., Давыдов В.П., Каримов Н.А., Мизин В.И.** Липаритовые комплексы осевой зоны Северного Урала. В кн. Палеовулканизм Урала. Вулканические фации. Свердловск. 1975. С. 137-150.

6. **Григорьев Н.А.** Среднее содержание минералов в важнейших группах магматических пород гранитно-метаморфического слоя. Уральский геологический журнал № 1. 2000. С. 47-58.

7. **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.

8. **Дианова Т.В.** Вулканогенные породы восточной части Павдинского района. В кн. Материалы по петрографии и геологии главной (западной) вулканогенной зоны Восточного склона Среднего Урала. Свердловск. 1958. С. 3-137.

9. **Железисто-кремнистая формация докембрия** Мариупольского Рудного поля. М.: Недра. 1974. 150 с.

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

11. **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

12. **Лазур О.Г., Нестоянова О.А., Новицкий И.П., Чайка В.М.** Вулканизм зеленокаменных поясов. М. Наука. 1988. 168 с.

13. **Лутц Б.Г.** Химический состав континентальной коры и верхней мантии Земли. М. Наука. 1975. 167 с.

14. **Ляхович В.В.** Акцессорные минералы в гранитоидах Советского Союза. М. Наука. 1968. 448 с.

15. **Макрыгина В.А., Смирнова В.В.** Редкоземельные элементы в минералах Миня-Абчадского мигматитового комплекса (Северное Прибайкалье)// Геохимия. 1984. № 9. С. 1293-1306.

16. **Маркс В.А.** Метаморфизм альбит-эпидот-амфиболитовой фации горных пород зеленокаменной зоны в Верхне-Уфалейском районе на Среднем Урале// Метаморфизм горных пород главной вулканогенной зоны Урала. М. Наука. 1969. С. 120-207.

17. **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.

18. **Панков Ю.Д.** Ильменогорский метаморфический комплекс. В кн. Ильменогорский комплекс магматических и метаморфических пород. Свердловск. 1971. С. 61-130.

19. **Равич М.Г., Каменев Е.Н.** Кристаллический фундамент Антарктической платформы. Л. Гидрометеиздат. 1972. 656 с.

20. **Резанов И.А.** Эволюция представлений о земной коре. М.: Наука, 2002. 299 с.

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

22. **Сазонов В.Н.** Закономерности распределения железа в метасоматитах березит-лиственитовой формации и их исходных породах (на основе минеральных балансов)// Минеральный баланс химических элементов в горных породах и рудах Урала. Свердловск, 1989. С. 37-46.

23. **Сазонов В.Н.** Минеральный баланс золота в продуктах пропилизации горных пород основного и среднекислого состава// Минеральный баланс химических элементов в горных породах и рудах Урала. Вып. 2. Свердловск. 1991. С. 20-26.

24. **Танатар-Бараш З.И., Дудник Н.Ф.** Геохимия элементов семейства железа в метабазитах Среднего Приднепровья. Геохимия, 1977, № 1. С. 104-111.

25. **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.

26. **Щербаков И.Б.** Петрография докембрийских пород центральной части Украинского Щита. Киев: Наукова Думка.

1975. 279 с.

27. **Язева Р.Г.** Петрология кайнотипных франкских перлитов из бассейна Северной Сосьвы (Северный Урал) в свете соотношения натриевых и калиевых пород // Геосинклинальные магматические формации и их рудоносность. Свердловск. 1973. С. 106-113.

28. **Blank H.R.** Hornblende Schists in Manhattan Formation, in the Bronx, New York. Geol. Soc. Amer. Bull. 1972. V. 83. № 5. P. 1397-1411.

29. **Buddington A.F.** Isograds an the Pole of H₂O in Metamorphic Facies of Orthogneises of the Northwest Adirondack Area, New York // Geol. Soc. Am. Bull. 1963. V.74. № 9. P. 1155-1182.

30. **Buttler J.R.** Geologic Evolution of the Beartooth Mountains, Montana and Wyoming. Part 6. Cathedral Peak Area, Montana. Geol. Soc. Amer. Bull. 1966. V. 77. № 1. P. 45-64.

31. **Ernst W.G.** Mineral Parageneses in Franciscan Metamorphic Rocks, Panoche Pass California.// Geol. Soc. Amer. Bull. 1965. V. 76. № 8. P. 879-914.

32. **Kalliokoski I.** Geology of North-Central Guayana Shield, Venezuela // Geol. Soc. Am. Bull. 1965. V. 76. № 9. P. 1027-1050.

33. **Kovisars L.** Geology of a Portion of the North-Central Venezuelan Andes // Geol. Soc. Am. Bull. 1971. V. 82. № 11. P.3111-3138.

34. **Yung D.A.** Precambrian Rocs of the Lake Hopatsong Area, New Jersey // Geol. Soc. Am. Bull. 1971. V. 82. № 1. P. 143-151.