

© Д. чл. УАГН Н.А. Григорьев

**СРЕДНИЙ МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ
ПАРАМЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД
КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЫ**

*Институт геологии и геохимии Уральского научного центра
Российской Академии наук
620151, г. Екатеринбург, Почтовый пер., 7, Россия;
Факс (3432) 71-52-52
E-mail: Grigor'ev@igg.uran.ru; root@igg-e-burg.su*

Автореферат

Рассчитано среднее содержание 103 минералов и минеральных разновидностей в параметаморфических породах континентальной коры по модели А.Б. Ронова и др. (1990). Расчет был выполнен на базе более чем 550 количественных минералогических анализов важнейших горных пород, опубликованных преимущественно в СССР и США. Наиболее важное отличие параметаморфических пород от осадочных – меньшее среднее содержание кальцита. Среднее содержание минералов, широко используемых в промышленности – 2,4%, реакционноспособных минералов (сульфиды, галогены, карбонаты, фосфаты) – 3,8%.

N.A. Grigor'ev

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

Abstract

The average contents of 103 minerals and mineral varieties in the parame-tamorphosed rocks of 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 550 quantitative mineralogical analyses important rocks, published mainly in the USSR and USA. An important difference of parame-tamorphosed rocks from sedimentary rocks – more less average content of calcite. Average content minerals widely using in industry – 2.4%, reaction minerals (sulfides, halogens, carbonates, phosphates) – 3.8%.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: минеральный состав, параметаморфические породы, континентальная кора. Mineral composition, parame-tamorphosed rocks, continental crust.

Первые попытки определения среднего минерального состава земной коры и ее фрагментов были на границе 19 и 20 веков. Почти до конца 20 века исследователи ограничивались пересчетом среднего химического состава объектов на совокупности 6-20 минералов (Григорьев, 1999а). Более детальные данные потребовались в связи с проблемами потенциальных минеральных ресурсов и охраны среды нашего обитания. Так, для решения вопроса о глобальной роли минералов-концентраторов в качестве носителей химических элементов (особенно ценных и токсичных) необходимы подробные сведения о среднем минеральном составе важнейших групп горных пород. В этом отношении были достаточно охарактеризованы только граниты, гранодиориты и гранитогнейсы (Ляхович, 1967). Средний минеральный состав некоторых горных пород (преимущественно осадочных и вулканогенных) был охарактеризован автором (Григорьев, 1999б). Ниже приведены первые результаты определения среднего минерального состава параметаморфических пород. Расчеты выполнены на базе модели химического строения земной коры А.Б.Ронова с коллегами (1990). Это достаточно детальная модель, хотя и не лишенная существенных недостатков.

Параметаморфические породы в верхней части континентальной коры

По А.Б. Ронову и др. (1990) параметаморфическими породами представлена почти половина массы гранитно-гнейсового слоя. Состав этого слоя определен преимущественно на основе данных о фундаменте Русской платформы, Канадского, Австралийского, Алданского, Южно-Африканского, Бразильского, Гвианского щитов. В него включены только метаморфические и магматические породы нижнепротерозойского и архейского возраста. Правильнее было бы включать в гранитно-гнейсовый слой также более молодые магматические и метаморфические породы (Лутц, 1975). Этим руководствовался и автор при подборе исходных данных. Значимость отмеченного недостатка может быть установлена только после разработки более корректной модели земной коры. Автор предполагал, что установленные А.Б. Роновым и др. (1990) и приведенные ниже соотношения масс различных пород близки к фактическим. Параметаморфические породы составляют – 42,49% массы гранитно-гнейсового слоя. Доли главных групп параметаморфических пород в их общей массе, %: метапесчаники –

8,35; парасланцы (включая парагнейсы и кристаллические сланцы) – 87,34; карбонатные породы – 3,23; железистые породы – 1,08.

Исходные данные

При выделении метаморфизованных осадочных пород из гнейсов и сланцев решающим было заключение авторов описаний. При отсутствии последнего учитывалась геологическая позиция горных пород и содержание в них типоморфных минералов (графит, кордиерит, силлиманит и др.). При расчетах использованы преимущественно данные о горных породах перечисленных ниже. Учтены также известные автору полуколичественные оценки минерального состава горных пород.

Метапесчаники. Доордовикские метапесчаники, конгломераты и кварциты Приполярного Урала (Вигорова, Покровский, 1973, Крылова, Кокарев, 1986, Фишман и др., 1966). Кварциты Ильменских Гор на Южном Урале (Доминиковский и др., 1971, Панков, 1971). Метаграувакки и метакварциты Мэриленд - Maryland (Higgins, Fisher, 1971). Зеленые сланцы по грауваккам Новой Зеландии - New Zealand (Bishop, 1972). Аркозовые кварциты и метаграувакки Калифорнии - California (Schwarcz, 1966, Ernst, 1965). Докембрийские кристаллические сланцы и кварциты Украинского щита (Городошников, 1971, Носырев и др., 1986). Докембрийские кварциты Антарктиды (Равич, Соловьев, 1966, Равич, Каменев, 1972).

Парасланцы. Меловые филлиты и сланцы Венесуэланских Анд - Venesuelan Andes (Kovisars, 1971). Триасовые и палеозойские метамфиболиты и амфиболовые сланцы Калифорнии - California (Davis a.o., 1965). Кремнистые сланцы Калифорнии - California (Ernst, 1965). Метасоматически измененные черные сланцы Западного Узбекистана (Кромская, 1973). Рифейские парагнейсы и парасланцы Западных Рудных Гор в Центральной Европе (Ермолаев и др., 1976). Содержащие графит плагиогнейсы Ильменогорского комплекса на Южном Урале (Доминиковский, 1971, Панков, 1971). Докембрийские и раннепалеозойские парасланцы Мэриленд Пьемонт - Maryland Piedmont (Fisher, 1971) и Монтаны - Montana (Butler, 1966). Содержащие графит плагиогнейсы Нью Джерси - New Jersey (Yung, 1971). Кристаллические сланцы Украинского Щита (Железисто-кремнистые., 1978, Носырев и др., 1986). Докембрийские парасланцы Приполярного Урала (Вигорова, Покровский, 1973, Старков, 1963). Докембрийские парагнейсы и парамигматиты Венесуэлы - Venezuela (Kalliokoski, 1965) и Колорадо - Colorado (Lovman, 1965). Метаосадочные породы Кейвской и Стрельнинской серий, дистеновые гнейсы Беломорского комплекса Балтийского Щита (Володичев, 1975, Вулканизм., 1987). Докембрийские па-

раметаморфические породы Антарктиды: плагиогнейсы, переслаивающиеся с кварцитами, кальцифирами, мраморами и содержащие графит мигматиты по глиноземистым сланцам (Равич, Каменев, 1972, Равич, Соловьев, 1966).

Карбонатные породы. Доордовикские мраморы и кальцифиры Приполярного Урала (Фишман и др., 1966), Южного Урала (Сазонов, Демчук, 1989), Украинского щита (Железисто-кремнистая., 1974, Карбонатные., 1975, Носырев и др., 1986), Кольского полуострова (Володичев, 1975), Антарктиды (Равич, Каменев, 1972, Равич, Соловьев, 1966).

Железистые породы. Докембрийские железистые кварциты западного склона Южного Урала (Ермаков, 1959), Курской Магнитной Аномалии (Илларионов, 1965). Докембрийские железистые породы Украины (Белевцев и др., 1975, Гершойг, 1965, 1968, Железисто-кремнистая., 1974, Железисто-кремнистые., 1978, Игумнова, Киселева, 1965, Кравченко, 1969, Стрыгин, 1969).

Методика расчетов

При расчете среднего содержания минералов учтена (с помощью коэффициентов) вероятная распространенность конкретных разновидностей горных пород. Величины среднего содержания породообразующих минералов, магнетита, ильменита, гематита, титанита скорректированы для приведения их в соответствие со средним химическим составом важнейших групп горных пород по А.Б. Ронову и др., (1990). Для этого рассчитан (моделирование на компьютере) минеральный баланс 12 химических элементов в совокупностях 30-36 минералов. Химический состав минералов преимущественно заимствован из справочников. Результаты считались удовлетворительными при суммах долей масс O, Si, Al, Fe, Mg, Ca, K, Na (а также С при содержании >0,2 мас.%) – 95-105 отн.%; Ti, S (а также С при содержании <0,2 мас.%) <100 отн.%; Н <105 отн.%.

Обсуждение полученных данных

При количественных минералогических анализах содержание аксессуарных минералов обычно преуменьшают (Григорьев, 1999а). Поэтому величины содержания <0,1% следует рассматривать в основном как минимально возможные. С учетом этого суммируем полученные данные (табл. 1). Параметаморфические породы в целом, по сравнению с осадочными, характеризуются несколько большим суммарным содержанием силикатов (65,7% против 51,4%), оксидов Si (28,8% против 26,2%), прочих оксидов (1,53% против 0,36%), фосфатов (0,2%

Среднее содержание минералов в параметаморфических породах, мас. %

против 0,02%) и сульфидов (0,14% против 0,1%). Суммарное же содержание сульфидов и сульфатов одинаковое – 0,14%. Параметаморфические породы, по сравнению с осадочными беднее галогенидами (0,005% против 0,95%) и гидроксидами (0,0055% против 0,66%). Но наиболее существенна разница в суммарном содержании главных носителей С и отчасти Са. Суммарное содержание в параметаморфических и осадочных породах в % соответственно: карбонатов - 2,7 и 18,7 (в том числе кальцита 1,83 и 16,39), графита 0,28 и 0,075. Углерод органических соединений обнаружен только в осадочных породах (0,57%). Не исключено, что отмеченная разница несколько преувеличена из-за несовершенства модели А.Б. Ронова и др. (1990). Но отнестись ее полностью за счет недостатков модели нельзя. Наиболее вероятная причина отмеченного распределения карбонатов – интенсивный вынос подвижных компонентов на земную поверхность при глубоком метаморфизме осадочных толщ.

В параметаморфических породах среднее суммарное содержание минералов, традиционно используемых для получения химических элементов и их соединений: графита, сульфидов, оксидов (кроме кварца), магнетита, сидерита, родохрозита, фосфатов, силикатов редких элементов составляет - 2,4 %. Еще около 15 % массы этих пород представлено минералами перспективными для крупномасштабной химической переработки (доломит, оливины, мусковит, силлиманит, андалузит, титанит, ставролит, дистен, кордиерит, калиевые полевые шпаты). Суммарное среднее содержание реакционноспособных минералов (сульфиды, флюорит, карбонаты, фосфаты) 3,1%. Суммарное содержание минералов опасных в экологическом отношении (сульфиды, флюорит) – 0,15%. Суммарное среднее содержание реакционноспособных минералов наиболее токсичных элементов (Pb, As,) - 0,00001%. Таким образом, содержание потенциально полезных минералов здесь меньше, чем в осадочных породах (Григорьев, 1999б). Но меньше и суммарное содержание реакционноспособных минералов, в том числе токсичных. Полученные данные нуждаются в дополнении и уточнении. Но кардинальное повышение их качества возможно только после разработки более совершенной модели верхней части континентальной коры и накопления дополнительных данных о содержании минералов (особенно аксессуарных) в горных породах.

Выводы

Совокупность параметаморфических пород отличаются от совокупности осадочных пород континентальной коры существенно меньшим содержанием карбонатов а также, потенциально полезных и реакционноспособных (в том числе токсичных) минералов.

Минералы	Металес-чаники	Пара-сланцы	Карбо-натные	Желе-зистые	В целом
Самородные элементы					
Графит	0,27	0,3	Н. Опр.	Н. Опр.	0,28
Сульфиды					
Пентландит	Н. Опр.	0,0001	Н. Опр.	Н. Опр.	87·10 ⁻⁶
Сфалерит	13·10 ⁻⁵	8·10 ⁻⁵	Н. Опр.	Н. Опр.	8·10 ⁻⁵
Халькопирит	4·10 ⁻⁵	11·10 ⁻⁶	Н. Опр.	Н. Опр.	13·10 ⁻⁶
Пирротин	0,01	0,07	0,11	-	0,066
Никелин	Н. Опр.	16·10 ⁻⁶	Н. Опр.	Н. Опр.	14·10 ⁻⁶
Галенит	8·10 ⁻⁷	Н. Опр.	Н. Опр.	Н. Опр.	67·10 ⁻⁹
Ковеллин	8·10 ⁻⁷	Н. Опр.	Н. Опр.	Н. Опр.	67·10 ⁻⁹
Виоларит	Н. Опр.	25·10 ⁻⁶	Н. Опр.	Н. Опр.	22·10 ⁻⁶
Пирит	0,05	0,08	0,05	0,07	0,076
Ваэсит	Н. Опр.	25·10 ⁻⁶	Н. Опр.	Н. Опр.	22·10 ⁻⁶
Герсдорфит	Н. Опр.	1·10 ⁻⁵	Н. Опр.	Н. Опр.	9·10 ⁻⁶
Арсенопирит	5·10 ⁻⁶	Н. Опр.	Н. Опр.	Н. Опр.	4·10 ⁻⁷
Молибденит	18·10 ⁻⁶	18·10 ⁻⁶	Н. Опр.	Н. Опр.	17·10 ⁻⁶
Галогениды					
Флюорит	0,0027	0,005	Н. Опр.	Н. Опр.	0,0046
Оксиды					
Шпинель	0,005	0,005	0,04	Н. Опр.	0,0061
Магнетит	1	0,8	0,08	22	1,02
Хромит	Н. Опр.	1·10 ⁻⁶	Н. Опр.	Н. Опр.	9·10 ⁻⁷
Корунд	Н. Опр.	Н. Опр.	0,001	Н. Опр.	32·10 ⁻⁶
Гематит	0,0002	0,005	0,01	4,4	0,052
Ильменит	0,44	0,46	Н. Опр.	Н. Опр.	0,44
Кварц	46,5	28	4,8	31	28,83
Рутил	0,042	0,0068	Н. Опр.	Н. Опр.	0,0094
Касситерит	Н. Опр.	75·10 ⁻⁶	Н. Опр.	Н. Опр.	66·10 ⁻⁶
Анализ	Н. Опр.	0,0015	Н. Опр.	Н. Опр.	0,0013
Гидроксиды					
Гетит	0,04	Н. Опр.	Н. Опр.	0,2	0,0055
Карбонаты					
Магнетит	Н. Опр.	Н. Опр.	1	0,02	0,033
Сидерит	0,07	0,1	0,3	1,4	0,12
Mg-сидерит	Н. Опр.	Н. Опр.	0,5	0,1	0,017
Родохрозит	15·10 ⁻⁵	Н. Опр.	Н. Опр.	Н. Опр.	12·10 ⁻⁶
Кальцит	0,5	0,3	47	0,5	1,83
Доломит	0,02	0,1	19	0,2	0,7
Анкерит	Н. Опр.	Н. Опр.	1,2	0,05	0,039
Малахит	1·10 ⁻⁵	Н. Опр.	Н. Опр.	Н. Опр.	84·10 ⁻⁸
Вольфраматы					
Шеедит	Н. Опр.	5·10 ⁻⁶	Н. Опр.	Н. Опр.	44·10 ⁻⁷
Фосфаты					
Монацит	0,0003	0,0009	Н. Опр.	Н. Опр.	0,0008
Апатит	0,23	0,2	0,12	0,1	0,2
Островные силикаты					
Форстерит	Н. Опр.	Н. Опр.	1	Н. Опр.	0,032
Оливин	Н. Опр.	Н. Опр.	1,5	Н. Опр.	0,048

Минералы	Метапесчаники	Парасланцы	Карбонатные	Железистые	Минералы
Фаялит	Н. Опр.	Н. Опр.	Н. Опр.	1	0,011
Альмандин	1,5	1,5	0,07	5	1,49
Гроссуляр	Н. Опр.	Н. Опр.	0,05	Н. Опр.	0,0016
Андрадит	Н. Опр.	Н. Опр.	0,08	0,08	0,0034
Циркон	0,029	0,014	7·10 ⁻⁶	Н. Опр.	0,015
Торит	25·10 ⁻⁶	35·10 ⁻⁶	Н. Опр.	Н. Опр.	33·10 ⁻⁶
Силлиманит	0,1	0,9	Н. Опр.	Н. Опр.	0,79
Андалузит	0,1	0,2	Н. Опр.	Н. Опр.	0,18
Дистен	0,025	0,1	Н. Опр.	Н. Опр.	0,089
Топаз	Н. Опр.	0,0015	Н. Опр.	Н. Опр.	0,0013
Ставролит	0,01	0,8	Н. Опр.	Н. Опр.	0,7
Сапфирин	0,003	0,007	Н. Опр.	Н. Опр.	0,0064
Корнерупин	Н. Опр.	Н. Опр.	0,002	Н. Опр.	0,0017
Гумит	Н. Опр.	Н. Опр.	0,09	Н. Опр.	0,0029
Клиногумит	Н. Опр.	Н. Опр.	Н. Опр.	1,5	0,016
Титанит	0,3	0,3	0,005	Н. Опр.	0,29
Лейкоксен	5·10 ⁻⁶	Н. Опр.	Н. Опр.	Н. Опр.	4·10 ⁻⁷
Лосонит	0,4	Н. Опр.	Н. Опр.	Н. Опр.	0,033
Эпидот	1,8	2,5	0,1	0,1	2,34
Цоизит	Н. Опр.	0,04	Н. Опр.	Н. Опр.	0,035
Ортит	0,0012	0,008	Н. Опр.	Н. Опр.	0,0071
Пумпеллиит	0,5	Н. Опр.	Н. Опр.	Н. Опр.	0,042
Везувин	Н. Опр.	0,05	Н. Опр.	Н. Опр.	0,044
Пренит	0,4	0,5	Н. Опр.	Н. Опр.	0,47
Кольцевые силикаты					
Кордиерит	0,01	0,026	Н. Опр.	Н. Опр.	0,024
Турмалин	0,0007	0,0033	Н. Опр.	Н. Опр.	0,0029
Цепочечные силикаты					
Диопсид	0,1	0,5	1,5	0,05	0,49
Геденбергит	Н. Опр.	Н. Опр.	Н. Опр.	0,1	0,0011
Салит	Н. Опр.	Н. Опр.	0,4	4	0,056
Жадит	0,1	Н. Опр.	Н. Опр.	Н. Опр.	0,0083
Эгирин	Н. Опр.	Н. Опр.	Н. Опр.	2,5	0,027
Авгит	0,3	0,5	Н. Опр.	Н. Опр.	0,46
Энстатит	Н. Опр.	Н. Опр.	Н. Опр.	0,05	0,00054
Бронзит	Н. Опр.	0,009	Н. Опр.	0,05	0,0084
Гиперстен	Н. Опр.	0,06	Н. Опр.	2	0,074
Куммингтонит	0,05	0,8	0,017	0,3	0,71
Тремолит	Н. Опр.	Н. Опр.	1,3	Н. Опр.	0,042
Актинолит	0,25	0,54	0,4	1,2	0,52
Рибекит	0,3	0,5	Н. Опр.	0,7	0,47
Глаукофан	0,05	Н. Опр.	Н. Опр.	Н. Опр.	0,0042
Роговая обманка	3,5	6,7	0,8	2	6,19
Антофиллит	Н. Опр.	0,011	Н. Опр.	Н. Опр.	0,0096
Волластонит	Н. Опр.	Н. Опр.	0,05	Н. Опр.	0,0016
Слоистые силикаты					
Тальк	Н. Опр.	Н. Опр.	4	Н. Опр.	0,13
Мусковит	3,8	8,7	0,5	Н. Опр.	7,93
Фенгит	0,7	0,022	Н. Опр.	3	0,11
Флогопит	Н. Опр.	Н. Опр.	0,7	Н. Опр.	0,023

Минералы	Метапесчаники	Парасланцы	Карбонатные	Железистые	Минералы
Биотит	4,6	9	1,5	0,5	8,3
Стильпномелан	0,2	0,026	Н. Опр.	3,3	0,075
Пеннин	0,15	0,8	Н. Опр.	Н. Опр.	0,71
Клинохлор	2,5	0,8	0,3	Н. Опр.	0,92
Рипидолит	2,1	1	1,1	1,4	1,1
Тюрингит	Н. Опр.	0,05	Н. Опр.	0,4	0,048
Серпентин	Н. Опр.	0,002	5,6	Н. Опр.	0,18
Гарньерит	Н. Опр.	0,0004	Н. Опр.	Н. Опр.	0,0003
Гизингерит	Н. Опр.	Н. Опр.	Н. Опр.	0,05	0,0005
Пальгорскит	Н. Опр.	Н. Опр.	Н. Опр.	0,05	0,0005
Каркасные силикаты					
Анортит	Н. Опр.	Н. Опр.	0,03	Н. Опр.	0,001
Битовнит	Н. Опр.	Н. Опр.	0,05	Н. Опр.	0,0016
Лабрадор	0,5	2	0,1	Н. Опр.	1,79
Андезин	0,9	7	0,5	6	6,27
Олигоклаз	6,5	12	0,7	3	11,08
Альбит	9	7	0,3	1	6,89
КПШ	9	4	0,9	0,05	4,27
Скаполиты	Н. Опр.	Н. Опр.	0,4	Н. Опр.	0,013
Томсонит	0,1	0,15	Н. Опр.	Н. Опр.	0,14
С у м м а	>99,05	>99,55	>98,25	>99,42	>99,46

Литература

- Белевцев Я.Н., Полуновский Р.М., Каныгин Л.И. и др. Приазовский железорудный район – новая сырьевая база легко обогащаемых железных руд юга Украины// Советская Геология. 1975. № 9. С. 58-69.
- 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.
- Володичев О.И. Метаморфизм фации дистеновых гнейсов на примере Беломорского комплекса. Л.: Наука, 1975. 170 с.
- Вулканизм и седиментогенез докембрия северо-востока Балтийского щита / А.А.Предковский, В.А.Мелижик, В.В.Болотов и др. Л.: Наука. 1987. 185 с.
- Гершойг Ю.Г. Сидеритовая фация в железистых породах Криворожского бассейна// Вещественный состав и обогатимость железных руд. Вып. 5. М., Недра, 1965. С. 57-79.
- Гершойг Ю.Г. Вещественный состав и оценка обогатимости железных руд. М., Недра, 1968. 200с.

7. **Горошников Б.И.** Петрология высокоглиноземистых кристаллических пород докембрия Украины. Киев. Наукова Думка. 1971, 210с.

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

9. **Григорьев Н.А.** Минералогическая модель осадочного слоя континентальной коры // Уральский геологический журнал. 1999. № 5. С. 19-30.

10. **Доминиковский Г.Г.** Петрография кристаллических сланцев средней части Ильменских гор// Ильменогорский комплекс магматических и метаморфических пород. Т.1. Свердловск: 1971. С. 130-147.

11. **Ермаков В.К.** О составе и генезисе железистых кварцитов в докембрийских отложениях западного склона Южного Урала// Вопросы геологии Урала. Часть 1. Свердловск. 1959. С. 67-80.

12. **Ермолаев Н.П., Величкин В.И., Аверина А.С., Лактионова Н.В.** Геохимические особенности гранитизации в Рудных Горах// Геохимия. 1976. № 5. С. 696-707.

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

14. **Железисто-кремнистые формации** Украинского щита. Т. 2. Киев. Наукова Думка. 1978. 367с.

15. **Игумнова И.П., Киселева М.Н.** Вещественный состав и обогатимость железистых пород Первомайского участка Криворожского Бассейна// Вещественный состав и обогатимость железных руд. Вып. 5. М., Недра, 1965. С. 112-130.

16. **Илларионов А.А.** Петрография и минералогия железистых кварцитов Михайловского месторождения Курской Магнитной Аномалии М.: Наука. 1965. 164 с.

17. **Карбонатные породы Украинского щита/** Половко Н.И., Сироштан Р.И., Бондарева Н.М. и др. Киев. Наукова Думка. 1975. 151с.

18. **Кравченко Г.Л.** К вопросу о генезисе железистых кварцитов Мангушской Магнитной Аномалии (Приазовье)// Проблемы образования железистых пород докембрия. Киев. Наукова Думка. 1969. С.123-129.

19. **Кромская К.М.** Распределение никеля и кобальта в минералах габброидных пород Бельтаусского массива (Западный Узбекистан)// Записки Узбекского отделения Всесоюзного Минералогического Общества. 1973. Вып. 26. С. 185-188.

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

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

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

23. **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.

24. **Панков Ю.Д.** Ильменогорский метаморфический комплекс// Ильменогорский комплекс магматических и метаморфических пород. Свердловск, 1971. 61-130 с.

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

26. **Равич М.Г., Соловьев Д.С.** Геология и петрология центральной части гор Земли Королевы Мод (Восточная Антарктида). Л. Недра. 1966. 290 с.

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

28. **Сазонов В.Н., Демчук И.Г.** Минеральный баланс железа в некоторых породах и сидеритовых рудах Бакальского рудного поля// Минеральный баланс химических элементов в горных породах и рудах Урала. Свердловск. 1989. С. 47 – 53.

29. **Старков Н.П.** К вопросу о метаморфизме древних свит Западного склона Северного Урала// Магматизм, метаморфизм, металлогения Урала. Свердловск. 1963. С. 223-233.

30. **Стрыгин А.И.** Метаморфизм железистых пород Украинского щита// Проблемы железистых пород докембрия. Киев. Наукова Думка. 1969. С. 155-168.

31. **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.

32. **Щербаков И.Б.** Петрография докембрийских пород центральной части Украинского Щита. Киев : Наукова Думка. 1975. 279 с.

33. **Bishop D.G.** Progressive Metamorphism from Prehnite – Pumpellyite to Greenschist New Zealand. Geol. Soc. Amer. Bull. 1972. V. 83. № 11. P. 3177-3197.

34. **Butler 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.

35. **Davis G.A., Holdvey M.J., Lipman P.W., Romey W.D.** Structure, Metamorphism and Plutonism in the South-Central Klamath Mountains California. Geol. Soc. Am. Bull. 1965. V.76. № 8. P. 933-966.

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

37. Fisher G.W. Kyanite-, Staurolite-, and Garnet – Bearing Schists in the Setters Formation, Maryland Piedmont Geol. Soc. Am. Bull. V. 82. № 1. P. 229-232.

38. Higgins V.W., Fisher G.W. A Further Revision of the Stratigraphic Nomenclature of the Wissahickon Formation in Maryland. Geol. Soc. Am. Bull. 1971. V. 82. №3. P. 769-774.

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

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

41. Lowman P.D. Non-Anatectic Migmatites in Gilpin County, Colorado. Geol. Soc. Amer. Bull. 1965. V.76. № 9. P. 1061-106.

42. Schwarcz H.P. Chemical and Mineralogical Variations in an Arkosic Quartzite During Progressive Regional Metamorphism. Geol. Soc. Am. Bull. 1966. № 5. V 77. P. 509-532.

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