

СРЕДНИЙ МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ОСАДОЧНОГО СЛОЯ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЫ

Н.А. Григорьев

Институт геологии и геохимии Уральского научного центра РАН

620151, Екатеринбург, Почтовый пер., 7

E-mail: root @ igg.e-burg.su

Поступила в редакцию 12 августа 2002 г.

Рассчитано среднее содержание 146 минералов, минеральных разновидностей и неминеральных веществ в осадочном слое континентальной коры по модели А.Б. Ронова и др. [1990]. Расчет был выполнен на базе около 2000 количественных минералогических анализов важнейших осадочных и вулканогенных горных пород, опубликованных, преимущественно, в СССР и США. Эндогенными минералами сложено 57 %, экзогенными – 43 % массы этого слоя. Минералы осаждаемые из водных растворов составляют больше 20 % массы слоя. Около половины его массы представлено минералами широко использующимися в промышленности. Реакционноспособные минералы: сульфиды, галогены, сульфаты, карбонаты, фосфаты, составляют 17 % массы слоя.

Ключевые слова: *минеральный состав, осадочный слой, континентальная кора.*

THE AVERAGE MINERAL COMPOSITION OF THE SEDIMENTARY LAYER OF THE CONTINENTAL CRUST'S

N.A. Grigor'ev

Institute of Geology and Geochemistry of the Academy Sciences of Russia

The average contents of 146 minerals, mineral varieties and non-mineral substances in the sedimentary layer 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 about 2000 quantitative mineralogical analyses important sedimentary and volcanic rocks, published mainly in the USSR and USA. Endogenetic minerals consist of 57 %, exogenetic – 43 % of this layer's mass. Minerals precipitated from hydrous fluids consist more them 20 % layer's mass. About half of its mass is presented by minerals widely using in industry. Reaction minerals: sulfides, halogens, sulfates, carbonates, phosphates consist of 17 % layer's mass.

Key words: *mineral composition, sedimentary layer, continental crust.*

Первые попытки определения среднего минерального состава земной коры были приняты на границе 19 и 20 веков. Но внимания этой проблеме уделяли мало [Ферсман, 1933]. Почти до конца 20 века исследователи ограничивались расчетами среднего содержания 6–20 минералов теоретического состава в земной коре и в верхних ее слоях [Clarke, 1924; Berg, 1929; Wedepohl, 1967; Ферсман, 1933; Ронов, Ярошевский, 1967; Мейсон, 1971; Nessbitt H.W., Young, 1984; Булах, 1996]. В конце 20 века потребовались более корректные и детальные

данные в связи с проблемами потенциальных минеральных ресурсов и охраны среды нашего обитания. Кроме того, появилась основа для более детальных расчетов. А.Б. Роновым с коллегами [1990] разработана, хотя и не полная (с учетом только 17 химических элементов) и не лишенная существенных недостатков, но достаточно детальная модель химического строения земной коры. На ее основе автор рассчитал среднее содержание 41 минерала и трех неминеральных веществ в верхней части земной коры и в слагающих ее слоях [Григорьев, 1999].

Впоследствии им было предпринято несколько попыток получения более корректных и подробных данных. В настоящей статье приведены последние результаты определения среднего минерального состава осадочного слоя континентальной коры, подверженного наиболее интенсивному антропогенному воздействию.

Осадочный слой континентальной коры

Представление об осадочном слое континентальной коры нуждается в детализации и уточнении. А.Б. Ронов и др. [1990] включили в него осадочные и вулканогенные породы преимущественно фанерозойского и верхнепротерозойского возраста. То есть, теоретически, в качестве осадочного слоя рассматриваются преимущественно горные породы, находящиеся выше нижней границы верхнего протерозоя, за исключением магматических и метаморфических. Но в литературе метаморфическим породам часто дают названия исходных осадочных и вулканогенных. В результате в составе осадочных и вулканогенных пород оказалось учтено неопределенное количество метаморфических. Это видно по данным о среднем химическом составе горных пород (в частности, по содержанию H_2O^+). Для устранения этого недостатка необходима разработка новой модели. В рамках же существующей нужна корректировка данных о среднем минеральном составе осадочных и вулканогенных пород для приведения их в соответствие со средним химическим составом по А.Б. Ронову и др. [1990].

Доли важнейших горных пород (отн. %) в массе осадочного слоя по А.Б. Ронову и др. [1990]: пески и песчаники – 21,63; глины и глинистые сланцы – 44,01; карбонатные породы – 16,29; кремнистые породы – 1,4; эвапориты – 1,1; кислые вулканиды – 1,86; средние вулканиды – 4,78; основные вулканиды – 8,93.

Исходные данные

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

Пески и песчаники. Пески Русской платформы от современных до палеозойских [Ронов и др., 1963; Балашов, 1976]. Четвертичные пески донной морены ледника в восточной части Балтийского щита [Ильин, Сыромятина,

1972]. Голоценовые континентальные пески Калифорнии [Van de Kamp, 1973]. Третичные глауконитовые пески Украины [Карякин, 1951]. Кайнозойские песчаники Украинского Предкарпатья [Габинет и др., 1966]. Юрско-олигоценые морские пески района Курской магнитной аномалии [Кузнецов, 1992]. Пески из красноцветных терригенных отложений нижнего триаса в Северном Приуралье [Чельшев и др., 1965]. Песчаники Восточной Камчатки [Малиновский, 1990]. Пермские континентальные и морские пески Северо-Восточной Англии и прилегающей части Северного моря [Pryor, 1971]. Пермские и каменноугольные аркозовые песчаники и пески Колорадо и Юты [Van de Kamp, Leake, 1994]. Палеозойские песчаники Центрального Таджикистана [Бабкин, 1986].

Глины и глинистые сланцы. Четвертичные морские алевритовые глины севера Западно-Сибирской низменности [Шумилова, 1971]. Четвертичные глины Предкарпатского сероносного бассейна [Даценко, 1969]. Континентальные и морские суглинки Мексики [Мило, 1968]. Позднеплиоценовые глины Татарской АССР [Кирсанов и др., 1965]. Кайнозойские аргиллиты Украинского Предкарпатья [Габинет и др., 1966]. Разновозрастные бентонитовые глины СССР [Кирсанов и др., 1981; Баталин и др., 1975]. Морские суглинки Курской магнитной аномалии от эоценовых до девонских [Кузнецов, 1992]. Мезозойские глины, вмещающие бокситы Мугайского месторождения в Зауралье [Ситникова, 1975; Гуткин и др., 1969]. Верхнеюрский аргиллит Западно-Сибирской плиты [Плуман, 1975]. Триасовые глины Северного Приуралья [Чельшев и др., 1965]. Триасовые и палеозойские филлиты Калифорнии [Davis et al., 1965]. Девонские аллиты, вмещающие месторождения бокситов на Полярном Урале [Ушатинский, Боровской, 1977, 1978]. Палеозойские глины и аргиллиты Сибирской и Русской платформ [Акульшина, 1971]. Пермские и каменноугольные глинистые сланцы Юты и Колорадо [Van de Kamp, Leake, 1994]. Карбоновые аргиллиты Донбасса [Нырков, 1956]. Верхнеордовикские сланцы Огайо, Индианы, Кентукки [Scotford, 1965].

Карбонатные породы. Третичные известняки Западной Украины [Боровник, Хмелевский, 1966]. Известняки Русской платформы от меловых до докембрийских [Тимофеев, 1960]. Карбонатные породы Калифорнии, триасовые и палеозойские [Davis et al., 1965]. Мергель (про-

ба № 428) из сероносного бассейна Предкарпатья [Даценко, 1969]. Глинистая часть палеозойских известняков и мергелей Западно-Сибирской и Русской платформ [Акульшина, 1971]. Кембрийские известняки Западной Сибири [Сухарина, 1976]. Рифейские карбонатные породы Башкирского мегантиклинория на Южном Урале [Анфимов, 1997].

Кремнистые породы. Третичные кремнистые породы Украины [Карякин, 1954]. Филлитовидные кварциты Калифорнии [Davis et al., 1965].

Эвапориты. Соляные отложения Приуралья, Поволжья, Тимана и Западной Украины [Билоножка и др., 1966; Кольцова, Яржемский, 1969; Лобанова, 1969; Юшкин, 1989]. Анализы преимущественно качественные.

Вулканиды. Четвертичные вулканиды Камчатки и Курильских островов [Ермаков, 1977; Максимов, Иванов, 1986]. Четвертичные базальты Нью-Мексико и Юты [Hoffer, 1971; Condil, Barsky, 1972]. Палеогеновые липариты, дациты, трахилипариты, андезиты, андезитобазальты и базальты Армении [Држбашян, 1965]. Липариты Северного Кавказа [Ляхович, 1963]. Кайнозойские и мезозойские эффузивные породы Монголо-Охотского пояса [Антипин и др., 1982]. Меловые липариты, липарит-дацитовые порфириды, андезитовые порфиры, базальтовые, диабазовые и долеритовые порфириды Северной Армении [Мнацаканян, 1965]. Меловые липарито-дациты Охотско-Чукотского пояса [Ичетовкин, 1978]. Триасовые липариты и плагиолипариты Зауралья [Иванов, 1974]. Триасовые и пермские траппы Сибири [Альмухамедов, 1967; Дмитриев, 1959; Минералогия траппов., 1975; Наумов, Гурин, 1967]. Плагиолипаритовые туфы Закарпатского прогиба [Баталин и др., 1975]. Кайнотипные франкские перлиты и липариты Северного Урала [Язева, 1973].

Методика определения среднего содержания минералов в горных породах

Методика расчетов определялась характером исходных данных. Минералы можно условно разделить на две группы. Первую составляют породообразующие и наиболее известные тяжелые акцессорные (халькопирит, сфалерит, галенит, пирротин, пирит, молибденит, флюорит, шпинель, магнетит, корунд, гематит, ильменит,

рутил, касситерит, анатаз, малахит, монацит, апатит, альмандин, циркон, циртолит, торит, дистен, топаз, ставролит, титанит, лейкоксен, ортит, турмалин и другие). Вторую группу составляет большинство не отмеченных выше акцессорных минералов. В литературе много данных о содержании минералов первой группы в большинстве обычных горных пород. Автором определено их среднее арифметическое содержание в важнейших горных породах (кроме эвапоритов). При этом, с помощью коэффициентов, учтено разное качество исходных данных. Одни авторы публиковали результаты анализа отдельных проб. Другие – обобщенные результаты анализа многих проб. Одни исследователи изучили распространенные разновидности горных пород, другие – менее распространенные. Величины среднего содержания породообразующих минералов (а также 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 20–39 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 S при содержании >0,2 мас. %) – 95–105 отн. %; Ti, S (а также C при содержании <0,2 мас. %) <100 отн. %; H <105 отн. %. Данные о минералах второй группы имеются преимущественно в работах, посвященных проблеме потенциального минерального сырья. Они относятся, в основном, к горным породам с повышенным содержанием соответствующих информативных элементов [Григорьев, 1999]. Поэтому среднее содержание минералов второй группы определено условно с учетом закономерностей вариаций минеральных балансов соответствующих информативных элементов [Григорьев, 1999]. Для эвапоритов проведен пересчет среднего химического состава на совокупность важнейших минералов.

Полученные результаты

Величины среднего содержания минералов и неминеральных веществ в группах горных пород приведены в таблицах 1 и 2. На их основе определено содержание минералов и

Таблица 1

Среднее содержание минералов в осадочных породах континентальной коры (мас. %)

Минералы	Песчаники и пески	Глины и сланцы	Карбонатные породы	Кремнистые породы	Эвапориты	Осадочные породы
Самородные элементы	1	2	3	4	5	6
Медь	$1 \cdot 10^{-7}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$26 \cdot 10^{-9}$
Золото	$5 \cdot 10^{-8}$	Не опр.	$3 \cdot 10^{-7}$	Не опр.	Не опр.	$13 \cdot 10^{-9}$
Олово	$7 \cdot 10^{-7}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$18 \cdot 10^{-8}$
Графит	0,0002	0,1	0,1	0,2	Не опр.	0,075
Муассанит	$6 \cdot 10^{-8}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$15 \cdot 10^{-9}$
Сера	Не опр.	0,0005	0,001	Не опр.	Не опр.	$45 \cdot 10^{-5}$
Сульфиды						
Халькозин	$1 \cdot 10^{-7}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$1 \cdot 10^{-9}$	$26 \cdot 10^{-8}$
Борнит	$1 \cdot 10^{-6}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$55 \cdot 10^{-7}$
Сфалерит	$1 \cdot 10^{-5}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$26 \cdot 10^{-7}$
Халькопирит	$3 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-6}$	Не опр.	Не опр.	$35 \cdot 10^{-7}$
Пирротин	$1 \cdot 10^{-5}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$26 \cdot 10^{-7}$
Галенит	$7 \cdot 10^{-7}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$18 \cdot 10^{-8}$
Киноварь	Не опр.	Не опр.	$16 \cdot 10^{-8}$	Не опр.	Не опр.	$3 \cdot 10^{-8}$
Антимонит	$3 \cdot 10^{-7}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$8 \cdot 10^{-8}$
Пирит	0,018	0,15	0,1	0,005	0,0001	0,1
Марказит	Не опр.	0,005	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,0026
Арсенопирит	$3 \cdot 10^{-7}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$8 \cdot 10^{-8}$
Галогениды						
Галит	Не опр.	Не опр.	0,05	Не опр.	73	0,96
Сильвин	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,25	0,0033
Флюорит	$5 \cdot 10^{-7}$	Не опр.	$5 \cdot 10^{-7}$	Не опр.	Не опр.	$2 \cdot 10^{-7}$
Бишофит	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,01	0,0001
Карналлит	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,05	0,0006
Оксиды						
Периклаз	$5 \cdot 10^{-7}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$1 \cdot 10^{-7}$
Шпинель	0,0026	0,0004	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,0009
Магнетит	0,18	0,1	Не опр.	0,008	0,0005	0,098
Хромит	0,0003	0,0003	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,00023
Корунд	$1 \cdot 10^{-5}$	0,0002	0,01	Не опр.	Не опр.	0,002
Гематит	0,017	0,077	0,07	0,004	0,05	0,059
Ильменит	0,2	0,2	Не опр.	0,13	0,0002	0,16
Кварц	33	21,5	0,1	57,8	0,2	20,64
Опал	8,2	3	8,0	15,4	0,1	5,46
Пирролюзит	0,0001	0,0004	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,0002
Рутил	0,013	0,024	0,06	0,06	$1 \cdot 10^{-5}$	0,028
Касситерит	Не опр.	$5 \cdot 10^{-6}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$26 \cdot 10^{-7}$
Псиломелан	Не опр.	0,0002	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,0001
Тодорокит	0,0001	0,0003	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,0002
Вернадит	0,0001	0,0003	0,0001	Не опр.	Не опр.	0,0002
Анастаз	0,024	0,0003	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,0063
Брукит	0,0003	$6 \cdot 10^{-6}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$8 \cdot 10^{-5}$
Бадделейт	$6 \cdot 10^{-6}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$15 \cdot 10^{-7}$
Гидроксиды						
Гидраргиллит	Не опр.	0,13	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,068
Диаспор	Не опр.	0,07	0,003	Не опр.	Не опр.	0,037
Гетит	0,7	0,5	0,3	1	Не опр.	0,51
Бемит	Не опр.	0,09	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,047

СРЕДНИЙ МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ОСАДОЧНОГО СЛОЯ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЫ

Продолжение таблицы 1

Карбонаты	1	2	3	4	5	6
Магнезит	Не опр.	0,005	0,03	Не опр.	Не опр.	0,0084
Сидерит	0,02	0,1	Не опр.	Не опр.	0,0001	0,057
Родохрозит	0,0001	0,0001	0,1	Не опр.	Не опр.	0,019
Кальцит	5,5	4	67,7	1,5	0,01	16,59
Доломит	0,01	0,1	9,5	Не опр.	1	1,9
Арагонит	Не опр.	Не опр.	1	Не опр.	Не опр.	0,19
Анкерит	0,005	0,05	0,7	Не опр.	Не опр.	0,16
Азурит	$4 \cdot 10^{-7}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$1 \cdot 10^{-7}$
Малахит	$5 \cdot 10^{-7}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$13 \cdot 10^{-8}$
Давсонит	0,001	0,001	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$78 \cdot 10^{-5}$
Сульфаты						
Ангидрит	0,03	0,03	Не опр.	Не опр.	16	0,23
Целестин	Не опр.	0,001	0,02	Не опр.	Не опр.	0,0044
Барит	0,007	0,0026	0,007	Не опр.	Не опр.	0,0045
Ярозит	0,0016	0,003	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,002
Кизерит	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,5	0,0065
Гипс	Не опр.	0,014	0,07	Не опр.	8	0,12
Фосфаты						
Ксенотим	$4 \cdot 10^{-5}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$1 \cdot 10^{-5}$
Монацит	$13 \cdot 10^{-5}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$33 \cdot 10^{-6}$
Апатит	0,004	0,0022	0,06	0,005	0,0001	0,014
С-апатит	0,02	$1 \cdot 10^{-5}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,005
Островные силикаты						
Альмандин	0,032	0,005	Не опр.	0,4	0,0001	0,017
Гроссуляр	Не опр.	Не опр.	0,05	Не опр.	Не опр.	0,0097
Циркон	0,011	0,0078	$5 \cdot 10^{-7}$	0,02	0,0003	0,0072
Торит	$14 \cdot 10^{-6}$	$9 \cdot 10^{-5}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$5 \cdot 10^{-5}$
Силлиманит	0,024	0,0033	Не опр.	0,02	Не опр.	0,0082
Андалузит	$4 \cdot 10^{-5}$	0,0008	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,0004
Дистен	0,002	0,004	Не опр.	0,045	Не опр.	0,0033
Топаз	$7 \cdot 10^{-8}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$2 \cdot 10^{-8}$
Ставролит	0,007	0,01	Не опр.	0,025	0,0001	0,0074
Титанит	0,05	0,014	0,07	0,016	Не опр.	0,034
Лейкоксен	0,15	0,016	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,047
Эпидот	0,1	0,01	Не опр.	1,8	Не опр.	0,061
Клиноцоизит	0,002	0,05	0,3	0,006	Не опр.	0,085
Везувиан	Не опр.	Не опр.	0,1	0,2	Не опр.	0,023
Ортит	$7 \cdot 10^{-8}$	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	$2 \cdot 10^{-8}$
Кольцевые силикаты						
Турмалин	0,023	0,0066	Не опр.	0,018	0,0001	0,0096
Цепочечные силикаты						
Диопсид	Не опр.	Не опр.	0,2	Не опр.	Не опр.	0,039
Авгит	0,025	0,002	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,0074
Гиперстен	0,001	0,001	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,0008
Тремолит	Не опр.	0,023	0,8	Не опр.	Не опр.	0,17
Актинолит	$4 \cdot 10^{-5}$	0,0006	0,2	Не опр.	Не опр.	0,039
Арфведсонит	Не опр.	0,017	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,0089
Роговая обманка	0,5	0,8	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,55

Слоистые силикаты	1	2	3	4	5	6
Тальк	Не опр.	0,005	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,0026
Пирофиллит	Не опр.	0,01	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,0052
Мусковит	0,2	6,4	0,05	Не опр.	0,0001	3,4
Глауконит	1,5	0,3	0,001	5,9	0,0001	0,64
Биотит	3	6	1,2	Не опр.	0,01	4,13
Гидромусковит	10	12	1,2	5,3	0,05	9,14
Гидробиотит	3	3	Не опр.	Не опр.	0,04	2,33
Монтмориллонит	2	3	Не опр.	0,3	Не опр.	2,08
Бейделлит	1	1	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,78
Нонтронит	1,5	5	2	Не опр.	Не опр.	3,38
Вермикулит	0,1	0,5	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,27
Клинохлор	0,5	0,7	0,01	Не опр.	0,0001	0,49
Рицидолит	2	2,7	Не опр.	1	0,1	1,94
Септехлориты	2	4	0,5	2,5	0,1	2,74
Хлоритоид	Не опр.	0,003	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,0016
Каолинит	0,7	3,3	0,9	Не опр.	Не опр.	2,07
Каркасные силикаты						
Анортит	Не опр.	Не опр.	0,01	Не опр.	Не опр.	0,0019
Битовнит	Не опр.	0,2	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,1
Лабрадор	1	1,3	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,93
Андезин	2,5	2	Не опр.	Не опр.	Не опр.	1,68
Олигоклаз	7,5	5,5	0,01	1	0,001	4,81
Альбит	4,7	2,7	1,5	1,8	Не опр.	2,93
КПШ	6	8	2,1	2	Не опр.	6,15
Натролит	0,5	Не опр.	0,1	0,3	Не опр.	0,15
Неминеральные вещества						
Стекло кислое	0,002	0,002	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,002
$S_{орг}$	0,28	0,8	0,36	0,48	Не опр.	0,57
Сумма	>99,03	>99,63	>98,23	>99,24	>99,47	>99,08

Таблица 2

Среднее содержание минералов в вулканитах осадочного слоя континентальной коры (мас. %)

Минералы	Кислые	Средние	Основные	В целом
Самородные элементы	1	2	3	4
Медь	$2 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$	$7,3 \cdot 10^{-6}$
Золото	$1 \cdot 10^{-10}$	Не опр.	Не опр.	$1,2 \cdot 10^{-11}$
Свинец	$4 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-8}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$
Цинк	$1 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-7}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$
Сульфиды				
Халькозин	$3 \cdot 10^{-5}$	Не опр.	Не опр.	$3,6 \cdot 10^{-6}$
Борнит	Не опр.	Не опр.	0,0001	$5,7 \cdot 10^{-5}$
Пенгеландит	Не опр.	Не опр.	0,0001	$5,7 \cdot 10^{-5}$
Сфалерит	0,0004	0,001	0,00015	0,00044
Халькопирит	0,0003	0,001	0,001	0,001
Кубанит	$1 \cdot 10^{-6}$	Не опр.	0,0003	0,00017
Пирротин	Не опр.	$2 \cdot 10^{-6}$	0,05	0,029
Галенит	0,0004	0,001	0,0001	0,0004
Киноварь	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	Не опр.	$4,3 \cdot 10^{-7}$
Ковеллин	$3 \cdot 10^{-5}$	Не опр.	Не опр.	$3,6 \cdot 10^{-6}$
Пирит	0,05	0,1	0,05	0,065
Арсенопирит	0,0003	Не опр.	Не опр.	$3,6 \cdot 10^{-5}$
Молибденит	$4 \cdot 10^{-5}$	Не опр.	Не опр.	$4,8 \cdot 10^{-6}$
Реальгар	$3 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$
Аурипигмент	0,0001	$5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$3,3 \cdot 10^{-5}$

СРЕДНИЙ МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ОСАДОЧНОГО СЛОЯ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЫ

Продолжение таблицы 2

Галогениды	1	2	3	4
Флюорит	0,0008	Не опр.	Не опр.	0,0001
Оксиды				
Шпинель	Не опр.	Не опр.	0,00027	0,00015
Магнетит	0,03	1,3	1,5	1,26
Ti-магнетит	0,09	0,7	1,5	1,1
Хромит	Не опр.	0,0001	0,003	0,0018
Иоцит	Не опр.	0,0001	$1 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$
Корунд	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$
Гематит	0,02	0,7	0,5	0,5
Ильменит	0,05	0,5	1,1	0,79
Кварц	29,5	7	0,1	5,77
Тридимит	0,15	Не опр.	Не опр.	0,018
Кристаллит	0,05	Не опр.	0,05	0,03
Опал	0,2	Не опр.	0,05	0,053
Рутил	0,0008	0,0002	0,00015	0,00024
Анагаз	0,0001	$5 \cdot 10^{-8}$	Не опр.	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Уранинит	$5 \cdot 10^{-5}$	Не опр.	Не опр.	$6 \cdot 10^{-6}$
Гидроксиды				
Гетит	0,0007	0,003	0,0005	0,0013
Карбонаты				
Смитсонит	$5 \cdot 10^{-6}$	Не опр.	$7 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$
Сидерит	0,5	0,8	0,7	0,71
Кальцит	0,2	0,2	0,3	0,26
Доломит	Не опр.	Не опр.	0,1	0,057
Церуссит	$5 \cdot 10^{-5}$	Не опр.	$3 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$
Азурит	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	0,0001	$7 \cdot 10^{-5}$
Малахит	$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$3,7 \cdot 10^{-5}$
Давсонит	0,005	Не опр.	Не опр.	0,0006
Сульфаты				
Барит	0,003	0,003	Не опр.	0,0013
Фосфаты				
Ксенотим	$3 \cdot 10^{-5}$	Не опр.	Не опр.	$3,6 \cdot 10^{-6}$
Монацит	0,001	Не опр.	Не опр.	0,00012
Апатит	0,011	0,03	0,01	0,016
Островные силикаты				
Оливин	Не опр.	0,005	24	1,4
Фаялит	0,005	Не опр.	Не опр.	0,0006
Альмандин	0,002	0,0002	$1 \cdot 10^{-6}$	0,0003
Спессартин	0,0002	Не опр.	Не опр.	$2 \cdot 10^{-5}$
Циркон	0,011	0,0035	0,0022	0,0037
Циртолит	0,0001	Не опр.	Не опр.	$1 \cdot 10^{-5}$
Торит	$5 \cdot 10^{-5}$	Не опр.	Не опр.	$6 \cdot 10^{-6}$
Топаз	0,0001	Не опр.	Не опр.	$1 \cdot 10^{-5}$
Титанит	0,001	0,0005	0,0004	0,0005
Лейкоксен	0,002	0,006	0,001	0,0027
Эпидот	0,05	0,4	0,5	0,42
Цоизит	0,0001	Не опр.	Не опр.	$1 \cdot 10^{-5}$
Ортит	0,003	0,0001	Не опр.	0,0004
Пренит	Не опр.	Не опр.	0,1	0,057
Кольцевые силикаты				
Кордиерит	0,0001	0,0001	Не опр.	$4 \cdot 10^{-5}$
Турмалин	$3 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	Не опр.	$2 \cdot 10^{-5}$

Цепочечные силикаты	1	2	3	4
Пижонит	Не опр.	0,5	2	1,3
Диопсид	0,01	0,9	4	2,6
Эгириин	0,03	0,01	1	0,58
Авгит	0,02	4	15	9,83
Энстатит	0,001	0,8	1,1	0,88
Бронзит	0,001	0,03	0,012	0,016
Гиперстен	0,01	0,5	3	1,87
Тремолит	Не опр.	0,03	Не опр.	0,009
Актинолит	0,03	0,2	0,2	0,18
Рибекит	0,1	0,01	0,01	0,021
Арфведсонит	0,1	0,01	0,01	0,021
Глаукофан	0,005	Не опр.	Не опр.	0,0006
Роговая обманка	0,2	5	3,5	3,57
Слоистые силикаты				
Мусковит	3,3	0,5	Не опр.	0,55
Биотит	1,5	9	7,5	7,24
Ринидолит	-	0,3	0,3	0,26
Тюрингит	1,9	0,2	0,6	0,63
Клементит	Не опр.	Не опр.	0,2	0,11
Серпентин	Не опр.	0,05	Не опр.	0,015
Каркасные силикаты				
Анальцим	Не опр.	Не опр.	0,3	0,17
Анортит	Не опр.	0,5	1	0,73
Битовнит	0,01	0,8	4	2,5
Лабрадор	0,03	13,5	27,5	19,91
Андезин	0,5	18	12	12,5
Олигоклаз	7	9,3	0,7	4,1
Альбит	13	4,5	0,2	3,05
КПШ	15	4,8	Не опр.	3,27
Санидин	15	Не опр.	Не опр.	1,8
Натролит	Не опр.	Не опр.	0,02	0,01
Томсонит	Не опр.	Не опр.	0,01	0,006
Неминеральные вещества				
Палагонит	Не опр.	Не опр.	0,8	0,46
Стекло основное	Не опр.	14	5,5	7,45
Стекло кислое	11	Не опр.	Не опр.	1,3
С у м м а	>100,08	>99,12	>99,44	>99,45

неминеральных веществ в осадочном слое континентальной коры (мас. %): медь самородная $-1,2 \cdot 10^{-6}$; золото самородное $-1,1 \cdot 10^{-8}$; свинец самородный $-2,6 \cdot 10^{-7}$; цинк самородный $-1,7 \cdot 10^{-7}$; олово самородное $-17 \cdot 10^{-8}$; графит $-0,063$; муассанит $-13 \cdot 10^{-9}$; сера самородная $-0,00038$; халькозин $-78 \cdot 10^{-8}$; борнит $-14 \cdot 10^{-6}$; пентландит $-9 \cdot 10^{-7}$; сфалерит $-7 \cdot 10^{-5}$; халькопирит $-16 \cdot 10^{-5}$; кубанит $-26 \cdot 10^{-6}$; пирротин $-0,0045$; галенит $-64 \cdot 10^{-6}$; киноварь $-9 \cdot 10^{-8}$; антимонит $-68 \cdot 10^{-9}$; пирит $-0,095$; марказит $-0,0022$; арсенопирит $-57 \cdot 10^{-7}$; молибденит $-75 \cdot 10^{-8}$; реальгар $-23 \cdot 10^{-7}$; аурипигмент $-5 \cdot 10^{-6}$; галит $-0,81$;

сильвин $-0,0028$; флюорит $-16 \cdot 10^{-6}$; бишофит $-11 \cdot 10^{-5}$; карналлит $-55 \cdot 10^{-5}$; периклаз $-1 \cdot 10^{-7}$; шпинель $-78 \cdot 10^{-5}$; магнетит $-0,28$; Ti-магнетит $-0,17$; хромит $-47 \cdot 10^{-5}$; иоцит $-6 \cdot 10^{-6}$; корунд $-0,0017$; гематит $-0,13$; ильменит $-0,26$; кварц $-18,32$; тридимит $-0,0028$; кристабалит $-0,0053$; опал $-4,67$; пиролюзит $-17 \cdot 10^{-5}$; рутил $-0,024$; касситерит $-2,2 \cdot 10^{-6}$; псиломелан $-8 \cdot 10^{-5}$; тодорит $-17 \cdot 10^{-5}$; вернадит $-17 \cdot 10^{-5}$; анатаз $-0,0053$; брукиит $-7 \cdot 10^{-5}$; баддселиит $-1,3 \cdot 10^{-6}$; уранинит $-93 \cdot 10^{-8}$; гидраргиллит $-0,057$; диаспор $-0,031$; гетит $-0,43$; бемит $-0,04$; магнезит $-0,0071$; смитсонит $-1,6 \cdot 10^{-7}$; сидерит $-0,16$; ро-

дохрозит – 0,016; кальцит – 14,05; доломит – 1,61; анкерит – 0,14; арагонит – 0,16; церуссит – $1 \cdot 10^{-6}$; азурит – $1 \cdot 10^{-5}$; малахит – $5,7 \cdot 10^{-6}$; давсонит – $75 \cdot 10^{-5}$; ангидрит – 0,19; целестин – 0,0037; барит – 0,004; ярозит – 0,0017; кизерит – 0,0053; гипс – 0,1; ксенотим – $1 \cdot 10^{-5}$; монацит – $4,6 \cdot 10^{-5}$; апатит – 0,014; С-апатит – 0,0042; оливин – 0,22; фаялит – $9 \cdot 10^{-5}$; альмандин – 0,014; спессартин – $3 \cdot 10^{-6}$; гроссуляр – 0,0082; циркон – 0,0067; циртолит – $1,6 \cdot 10^{-6}$; торит – $4,3 \cdot 10^{-5}$; силлиманит – 0,0069; андалузит – 0,0003; дистен – 0,0028; топаз – $1,6 \cdot 10^{-6}$; ставролит – 0,0062; титанит – 0,029; лейкоксен – 0,04; эпидот – 0,12; клиноцоизит – 0,072; цоизит – $1,6 \cdot 10^{-6}$; везувиан – 0,019; ортит – $6 \cdot 10^{-5}$; пренит – 0,0089; кордиерит – $6 \cdot 10^{-6}$; турмалин – 0,0081; пижонит – 0,2; диопсид – 0,44; эгирин – 0,09; авгит – 1,54; энстатит – 0,14; бронзит – 0,0025; гиперстен – 0,29; тремолит – 0,14; актинолит – 0,061; рибекит – 0,0033; арфведсонит – 0,011; глаукофан – $9 \cdot 10^{-5}$; роговая обманка – 1,02; гальк – 0,0022; пиррофиллит – 0,0044; мусковит – 2,96; глауконит – 0,54; биотит – 4,61; гидромусковит – 7,72; гидробиотит – 1,97; монтмориллонит – 1,76; бейделлит – 0,66; нонтронит – 2,85; вермикулит – 0,23; клинохлор – 0,41; рипидолит – 1,68; септхлориты – 2,31; тюрингит – 0,1; клементит – 0,017; хлоритоид – 0,0014; каолинит – 1,75; серпентин – 0,0023; анальцим – 0,026; анортит – 0,11; битовнит – 0,47; лабрадор – 3,89; андезин – 3,36; олигоклаз – 4,7; альбит – 2,95; калиевые полевые шпаты – 5,7; санидин – 0,28; натролит – 0,13; томсонит – 0,0009; палагонит – 0,072; стекло основное – 1,16; стекло кислос – 0,2; углерод органических соединений – 0,48; сумма > 99,43.

Обсуждение результатов

Автор рассматривает полученные данные как очередной шаг на пути познания минерального состава среды, в которой мы живем. Они нуждаются в дальнейшей детализации и уточнениях. Отметим их важнейшие особенности.

Величины среднего содержания наиболее распространенных минералов скорректированы для приведения их в соответствие со средним химическим составом горных пород по А.Б. Ронову и др. [1990]. Таким образом, в них отражен факт включения в осадочный слой некоторого количества метаморфических пород.

Раньше [Григорьев, 1990] отмечалось, что при количественных минералогических анализах содержание аксессуарных минералов

преуменьшают. Причем, преуменьшение тем существеннее, чем меньше содержание определяемого минерала. Поэтому большинство приводимых здесь величин среднего содержания аксессуарных минералов вероятно преуменьшено.

Группа горных пород “глины и глинистые сланцы”, имеющая наибольшую массу, фактически состоит из двух групп: глин и сланцев. Эти две группы наиболее сильно отличаются по содержанию глинистых минералов (гидрослоуд, смектитов, каолинита) и кварца. В глинах и суглинках содержание глинистых минералов варьирует преимущественно от 25 до 85 мас. %, кварца 0–25 мас. %. В глинистых сланцах и филлитах глинистых минералов 0–40 мас. %, кварца – 24–50 мас. %. Соотношение масс этих групп в слое не известно. Но, вероятно, сланцев (включая учтенные метаморфические) на порядок больше чем глин.

Суммируем полученные данные с учетом отмеченного выше. Около 57 % массы осадочного слоя континентальной коры представлено эндогенными минералами (магнетит, ильменит, кварц, амфиболы, пироксены, слюды, полевые шпаты). Суммарная масса экзогенных минералов и неминеральных веществ около 43 %. Причем половина их массы представлена продуктами осаждения вещества, растворенного при выветривании эндогенных минералов. Это преимущественно карбонаты, а кроме того: хлориды, опал, сульфаты, глауконит. Остаточные продукты выветривания, включая измененные при низкотемпературных процессах (гидрослоуды, каолинит, смектиты, хлориты), также составляют около половины массы экзогенных минералов. Такое соотношение не могло образоваться при выветривании магматических пород. Но оно представляется естественным с позиции теории дегазации Земли. Возможны, однако, и иные причины отмеченного соотношения. Первая – несовершенство представлений о разграничении осадочного и гранитно-метаморфического слоев. Вторая – значительный вынос растворенного вещества на земную поверхность при формировании гранитно-метаморфического слоя.

Минералы, широко использующиеся в промышленности (галит, кварц, карбонаты, смектиты, каолинит и другие), составляют почти половину массы осадочного слоя. Минералы, являющиеся традиционными источниками химических элементов (сульфиды, магнетит, ильме-

нит, гидроксиды, сидерит, фосфаты и некоторые силикаты), составляют около 2 % массы слоя. Реакционноспособные минералы (сульфиды, галогены, сульфаты, карбонаты, фосфаты) составляют примерно 17 % его массы.

Заключение

Осадочный слой континентальной коры сложен экзогенными минералами почти наполовину. Почти четвертую часть его массы составляют минералы осажденные из водных растворов.

Почти половину массы осадочного слоя составляют минералы широко используемые промышленностью. Химически активные минералы слагают порядка 17 % его массы, а минералы являющиеся традиционными источниками химических элементов – всего около 2 %.

Таким образом, в слое огромен резерв потенциального минерального сырья. Но, вместе с тем, это среда способная к интенсивным и крупномасштабным химическим процессам. Последствия тенденции неограниченного и непродуманного воздействия на осадочный слой континентальной коры могут оказаться непредсказуемыми.

Список литературы

Акульшина Е.П. Вещественный состав глинистой части пород палеозоя Сибирской и Русской платформ и его эволюция. Новосибирск: Наука, 1971. 150 с.

Альмухамедов А.И. Поведение титана в процессах дифференциации базальтовой магмы // Геохимия. 1967. № 1. С. 75–85.

Антипин В.С., Коваленко В.И., Петров Л.Л. Распределение бора между вкрапленниками и основной массой эффузивных и субвулканических пород // Геохимия. 1982. № 11. С. 1639–1657.

Аифимов Л.В. Литогенез в рифейских осадочных породах Башкирского мегантиклинория (Ю. Урал). Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 289 с.

Бабкин В.Ф. Минералы тяжелой фракции терригенных образований палеозоя (Центральный Таджикистан) // Минеральные кларки и природа их устойчивости. Душанбе: Дониш, 1986. С. 145–146.

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

Баталин Ю.В., Станкевич Е.Ф., Касимов Б.С. и др. Давсонит и перспективы его поисков в СССР // Советская геология. 1975. № 3. С. 30–37.

Билоножка П.М., Винар О.Н., Мельников В.С. О минеральном составе глин соляных пород калий-

ных месторождений Прикарпатья // Вопросы минералогии осадочных образований. Кн. 7. Львов: Издательство Львовского Университета, 1966. С. 145–158.

Боровник Д.П., Хмелевский В.А. Основные особенности минералогии и геохимии Бурштынского месторождения марганца // Вопросы минералогии осадочных образований. Кн. 7. Львов: Издательство Львовского Университета, 1966. С. 97–114.

Булах А.Г. Общий минеральный состав земной коры // Записки Всероссийского минералогического общества. 1996. Ч. 125. № 4. С. 23–28.

Габинет М.П., Голдинов А.А., Шевченко Ю.В. Минеральный состав и условия образования пород Поляницкой свиты Украинского Предкарпатья // Вопросы минералогии осадочных образований. Кн. 7. Львов: Издательство Львовского Университета, 1966. С. 115–128.

Григорьев Н.А. Введение в минералогическую геохимию. Екатеринбург: УрО РАН, 1999. 302 с.

Гуткин Е.С., Хрусталева А.Д., Можжерин И.Г. Мугайское месторождение бокситов на Урале // Советская геология. 1989. № 4. С. 82–96.

Даценко Н.М. Вещественный состав и классификация глин Роздольского месторождения // Геология месторождений самородной серы. М.: Недра, 1969. С. 178–196.

Дмитриев Ю.И. Трапповый магматизм и гидротермальная минерализация р. Чоны // Советская геология. 1959. № 10. С. 31–47.

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.

Ермаков В.А. Формационное расчленение четвертичных вулканических пород. М.: Недра, 1977. 233 с.

Иванов К.П. Триасовая трапповая формация Урала. М.: Наука, 1974. 155 с.

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.

Ичетовкин Н.В. К эволюции магматического расплава в процессе игнимбритовых извержений в Гайчанской палеокальдере (Охотско-Чукотский вулканогенный пояс) // Минералогия, петрография и геохимия изверженных и осадочных пород северо-востока СССР. Магадан, 1978. С. 31–42.

Карякин Л.И. Минеральный состав песков харьковского яруса в пределах УССР и их генезис // Записки Всесоюзного минералогического общества. 1951. № 3. С. 191–201.

Карякин Л.И. Минералогический состав кремнисто-глинистых пород харьковского яруса в преде-

- лах УССР // Минералогический сборник Львовского геологического общества. 1954. № 8. С. 175–192.
- Кирсанов Н.В., Власов В.В., Сабитов А.А.* О минералогическом составе бентонитовых глин Нурлатского месторождения в Татарской АССР // Литология и полез. ископаемые. 1965. № 3. С. 96–104.
- Кирсанов В.Н., Ратеев М.А., Сабитов А.А. и др.* Генетические типы и закономерности распространения месторождений бентонитов в СССР. М.: Недра, 1981. 215 с.
- Кольцова В.В., Яржемский Я.Я.* Материалы к петрографии пермских соляных отложений некоторых районов Волгоградского Поволжья // Минералого-петрографические исследования галогенных отложений. Л.: Недра, 1969. С. 108–123.
- Кузнецов А.П.* Терригенная минералогия пород фанерозоя бассейна Курской Магнитной Аномалии // Литология и полез. ископаемые. 1992. № 2. С. 90–109.
- Лобанова В.В.* Петрография соляных отложений Челкарского поднятия // Минералого-петрографические исследования галогенных отложений. Л.: Недра, 1969. С. 3–45.
- Ляхович В.В.* Акцессорные минералы эффузивных и субэффузивных пород // Известия АН СССР. Сер. геол. 1963. № 12. С. 80–90.
- Максимов А.П., Иванов Б.В.* Физико-химические условия кристаллизации и генезиса андезитов (на примере Ключевской группы вулканов). М.: Наука, 1986. 158 с.
- Малиновский А.И.* Псефиты молассы Олюторского прогиба Восточной Камчатки // Литогенез и рудообразование в древних и современных морских бассейнах Дальнего Востока. Владивосток. 1990. С. 55–59
- Мило Ж.* Минералогия глин. Л. Недра. 1968. 359 с.
- Минералогия траппов юга Сибирской платформы / Г.Д. Феоктистов, З.Ф. Ущаповская, Е.К. Васильев и др. Новосибирск: Наука, 1975. 87 с.
- Мейсон Б.* Основы геохимии. М.: Недра, 1971. 311 с.
- Мнацаканян А.Х.* Акцессорно-минералогические и геохимические особенности меловых вулканических серий Северной Армении как индикаторы комагматичности и металлогенической специализации вулканических комплексов // Акцессорные минералы и элементы как критерий комагматичности и металлогенической специализации магматических комплексов. М.: Наука, 1965. С. 39–78.
- 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.
- Нырков В.А.* Минералогический состав аргиллитов Донбасса // Вопросы минералогии осадочных образований. Кн. 3–4. Львов: Издательство Львовского Университета, 1956. С. 315–329.
- Плуман И.И.* Распределение урана, тория и калия в отложениях Западно-Сибирской плиты // Геохимия. 1975. № 5. С. 756–767.
- 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.
- Ронов А.Б., Ярошевский А.А.* Химическое строение земной коры // Геохимия. 1967. № 11. С. 1285–1309.
- Ронов А.Б., Ярошевский А.А., Мигдисов А.А.* Химическое строение земной коры и геохимический баланс главных элементов. М.: Наука, 1990. 182 с.
- Ситникова З.И.* Состав и условия образования бокситов Мугайского месторождения // Геология палеозоя и мезозоя Урала и Зауралья. Свердловск: УФАН СССР, 1975. С. 161–185.
- Сухарина А.Н.* Бокситоносность нижнего кембрия в горных сооружениях Западной Сибири // Советская геология. 1976. № 5. С. 83–94.
- Тимофеев В.Д.* Киноварь, золото, халькопирит и циркон в известняках Русской платформы // Докл. АН СССР. 1960. Т. 131. № 2. С. 395–397.
- Ушатинский И.Н., Боровский В.В.* Бокситы Щучьинского синклиория (Полярный Урал) // Советская геология. 1977. № 6. С. 57–74.
- Ушатинский И.Н., Боровский В.В.* Бокситы Карско-Усинского синклиория (Полярный Урал) // Советская геология. 1978. С. 42–52.
- Ферсман А.Е.* Геохимия. Т. 1. Л.: Госхимтехиздат, 1933. 328 с.
- Чельшев В.И., Мельникова Е.М., Беляев В.В.* Минералогические особенности бызовской свиты Северного Приуралья // Геология северо-востока Русской платформы и Приполярного Урала. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1965. С. 41–52.
- Шумилова Е.В.* Минералого-петрографическая характеристика четвертичных доказанцевских отложений севера Западной Сибири. М.: Наука, 1971. 157 с.
- Юшкин Н.П.* Минералогия соляной толщи Сергеевского купола (Коми АССР) // Минералогия Тиманско-Североуральского региона. Сыктывкар, 1989. С. 37–51.
- Язева Р.Г.* Петрология кайнотитных франкских перлитов из бассейна Северной Сосьвы (Северный Урал) в свете соотношения натриевых и калиевых пород // Геосинклинальные магматические формации и их рудоносность. Свердловск: УФАН СССР, 1973. С. 106–113.
- Berg G.* Vorkommen und Geochemie der mineralischen Rohstoffe. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft, 1929. 414 s.
- Clarke F.* The data of geochemistry // U.S. Geol. Surv. Bull. 1924. V. 770. P. 841.
- Condil K.C., Barsky C.K.* Origin of Qaternary Basalts from the Black Rock Desert Region, Utah // Geol. Soc. Am. Bull. 1972. V. 83. № 2. P. 333–352.

Davis G.A., Holdway 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.

Hoffer J.M. Mineralogy and Petrology of Santo Tomas Black Mountain Basalt Field Potrillo Volcanics, South-Central New Mexico // Geol. Soc. Am. Bull. 1971. V. 82. № 3. P. 603-612.

Nessbitt H.W., Young G.M. Prediction some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic consideration // Geoch. Cosmoch. Acta. 1984. V. 48. P. 1523.

Pryor W.A. Petrology of the Permian Yellow Sands of Northeastern England and their North Sea

Basin Equivalents // Sedimentary Geology. 1971. V. 6. № 4. P. 221-254.

Scotford D.M. Petrology of the Cincinnati Series Shales and Environmental Implication // Geol. Soc. Am. Bull. 1965. V. 76. № 2. P. 193-222.

Wedepohl K.H. Geochemie. Berlin: Walter de Gruyter, 1967. 221 s.

Van de Kamp P.C. Holocene Continental Sedimentation in the Salton Basin, California // Geol. Soc. Am. Bull. 1973. V. 84. № 3. P. 827-848.

Van de Kamp P.C., Leake B.E. Petrology, Geochemistry Provenance and Alteration of Pennsylvanian-Permian Arkose, Colorado and Utah // Geol. Soc. Am. Bull. 1994. V. 106. № 12. P. 1571-1582.

Рецензент академик РАН Н.П. Юшкин