

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АЛЮМИНИЯ В ОСАДОЧНЫХ ПОРОДАХ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЫ; РОЛЬ ГИБСИТА, БЕМИТА, ДИАСПОРА, КОРУНДА

Н.А. Григорьев

Приводимые данные – частный результат ориентировочной оценки горных пород как заменителей традиционных источников минерального сырья. Основа – фрагмент модели химического строения земной коры А.Б. Ронова с коллегами [1990], несколько детализированный автором [Григорьев, 2003]. Песчаные породы – пески и песчаники. Вместе с ними учтены алевролиты, конгломераты, гравелиты. Глинистые породы: глины, суглинки, глинистые сланцы, аргиллиты, аллиты, мергели с преобладанием силикатов, лесс. Карбонатные породы: известняки, доломиты, мергели с преобладанием карбонатов.

Распределение масс Al в осадочных породах в зависимости от его содержания

А.Б. Роновым и З.В. Хлебниковой [1957] были обобщены результаты 10236 анализов глин Русской платформы и установлено бимодальное распределение Al. По этим данным, наиболее важные носители содержат Al_2O_3 15-20 и 35-40 %, но расчет по опубликованной гистограмме показывает среднее содержание Al в выборке 12,84 % при среднем для глинистых пород 8,9 %. Главная причина – преимущественное изучение наиболее ценных для промышленности глин, в частности, огнеупорных. Следствие – включение в выборку непропор-

ционально большого количества анализов глин с повышенным содержанием Al. Здесь (табл. 1) приведены новые данные о распределении масс Al в песчаных и глинистых породах. Главные источники исходных данных [Анфимов, 1997; Афанасьева, 1979, 1983; Глухан, Серых, 2000; Ерофеев, Цеховский, 1983; Кузнецов, 1973; Малиновский и др., 2005; Маслов и др., 2004; Морозов и др., 1996; Морозов и др., 1983; Парначев, 1987; Пачаджанов, 1981; Петров, 1982; Розенбуш, 1934; Тейлор, Мак-Леннан, 1988; Шутов, 1975; Condie a.o., 2001; Di Leo, 2002; Gallet a.o., 1998]. Используются результаты анализов конкретных проб и среднее по 2-5 анализам, редко – среднее по 6-30 анализам однотипных горных пород.

Песчаные породы. В выборке 1641 анализ. Пробы из месторождений бокситов и проявлений досонита не учтены. Среднее содержание Al в выборке – 5,37 % при среднем для таких пород 5,99 %. Повышенным и высоким содержанием Al (>10,63 %) характеризуется 0,79 % массы песчаных пород (см. табл. 1). Здесь сконцентрировано 2 % всей массы Al, имеющейся в песчаных породах.

Глинистые породы. В выборке 1506 анализов. Пробы из месторождений бокситов и проявлений досонита не учтены. Среднее содержание Al в выборке – 8,84 %, при среднем для таких пород 8,9 %. Повышенным содержа-

Соотношение масс осадочных пород с разным содержанием Al и гиббсита; распределение масс Al в этих породах

Содержание, %		Соотношение масс осадочных пород, %		Распределение масс Al в осадочных породах, %	
Al	гиббсит	песчаных	глинистых	песчаных	глинистых
Низкое (< 5,3)	0	47,11	7,44	26,5	3,26
Преобладающее (5,3-10,6)	0 (4)	52,1	78,35	71,5	74,56
Повышенное (10,6-13,22)	0,5 (6)	0,55	9,23	1,22	12,44
Повышенное (13,22-15,87)	0,7 (3)	0,12	1,93	0,33	3,17
Высокое (15,87-18,51)	8 (8)	не опр.	1,19	не опр.	2,33
Высокое (18,51-21,16)	11 (11)	0,12	1,59	0,45	3,58
Высокое (> 21,16)	17 (4)	не опр.	0,27	не опр.	0,66
В горной породе	0,39 (36)	100	100	100	100

Примечание. Среднее содержание гиббсита в глинистых породах; в скобках количество анализов.

нием Al характеризуется 11,16 % массы глинистых пород; высоким содержанием Al (>15,87 %) – 3,05 % их массы (см. табл. 1). Здесь сконцентрировано, соответственно, 15,61 % и 6,57 % всей массы Al, имеющейся в глинистых породах.

Карбонатные породы. Здесь преобладает низкое содержание Al. Поэтому актуально определение доли масс разновидностей с отношением содержаний $Al_2O_3/SiO_2 > 0,87$, где теоретически обязательно присутствие алюминиевых гидроксидов или корунда. В выборку включены результаты 667 анализов карбонатных пород от докембрийских до современных. Отношение содержаний $Al_2O_3/SiO_2 > 0,87$ оказалось в 8 пробах из 30, взятых районах локализации уральских бокситовых месторождений. Три пробы очень отличаются по химическому составу от обычных карбонатных пород. Они не включены в выборку. Пробы 9002 и 9153 [Шарова, Гладковский, 1958], 49, 399 и 402 [Гуткин, 1964] близки по химическому составу к обычным карбонатным породам (Al_2O_3 – 0,1-6,11 %, SiO_2 0,0-2,68 %). Эти 5 проб учтены. Отношением содержаний $Al_2O_3/SiO_2 > 0,87$ характеризуется 0,8 % массы карбонатных пород. В них сосредоточен 1 % всей массы Al, имеющейся в этих породах.

О среднем содержании гиббсита, бемита, диаспора, корунда и их роли как носителей Al в осадочных породах

Песчаные породы. Массы песчаных пород, содержащих алюминиевые гидроксиды и корунд, значительны. Пример – меловые «бокситоносные» песчаники Туруханского рай-

она Красноярского края, площадь распространения которых 200x800 км [Ван, 1977]. Данные о вариациях содержания гиббсита, бемита, диаспора автору не известны. Определений содержаний корунда мало. Поэтому расчет (табл. 2) проведен на основе зависимости содержания этих минералов от валового содержания Al и на предположении о том, что закономерности распределения этих минералов аналогичны установленным для глинистых пород.

Глинистые породы. Есть две главные крайние разновидности глинистых пород с повышенным и высоким содержанием Al: существенно каолиновые и не содержащие каолиновых минералов. Алюминиевые гидроксиды и корунд установлены: в первых – при содержании Al > 17,7 %; во вторых – при содержании Al > 12,0 %. Достаточно изучен только гиббсит. Его содержание определено при анализах глин, суглинков, аргиллитов и аллитов из месторождений бокситов, огнеупорных глин и проявлений досонитовой минерализации [Бетелев, 1960; Гладковский и др., 1975; Гончаров, 1952; Гуткин и др., 1969, 1975, 1976; Ситникова, 1975; Ушатинский, Боровский, 1977; Черкасов и др., 1977]. На основе этих данных вычислено среднее содержание гиббсита в глинистых породах при разном валовом содержании Al (табл. 2). Содержание других минералов определено на основании результатов количественных минералогических и фазовых анализов бокситов. Предполагалось, что отношения содержаний бемита, диаспора, корунда и гиббсита в глинистых породах такие же как в бокситах.

Карбонатные породы. По данным К.Ф. Терентьевой и Н.С. Ильиной [1942] диаспор, гиббсит (гидроаргиллит) и аморфное веще-

Таблица 2

Среднее содержание гиббсита, бемита, диаспора, корунда в осадочных породах и доли масс Al, сконцентрированные в этих минералах

Минералы	Содержание Al в минералах, %	Песчанистые		Глинистые		Карбонатные	
		содержание минералов, %	доли массы Al, %	содержание минералов, %	доли массы Al, %	содержание минералов, %	доли массы Al, %
Гиббсит	34,4	0,017	0,1	0,39	1,51	0,012	0,35
Бемит	44,64	0,0074	0,06	0,17	0,85	0,0051	0,19
Диаспор	45,0	0,0021	0,02	0,049	0,25	0,0016	0,06
Корунд	52,9	$1,3 \cdot 10^{-4}$	<0,01	0,003	0,02	0,0001	<0,01
Суммы		0,02663	0,18	0,612	2,63	0,0188	0,6

Таблица 3

Средний минеральный баланс Al в осадочных породах континентальной коры

Категории минералов как концентраторов Al	Минералы-носители Al	Содержание минералов-носителей, мас. %	Содержание Al, мас. %	Доли массы Al, отн. %
Миниминералы	Всего	54,5	< 7,6	2,83
Кларкминералы	Биотит	3,57	9,3	5,15
	Шамозит	2,74	9,74	4,14
	КПШ	4,51	10,0	7,0
	Альбит	2,8	10,4	4,52
	Монтмориллонит	2,18	10,9	3,69
	Олигоклаз	3,51	12,1	6,6
	Гидробиотит	2,39	15,3	5,68
	Гидромусковит	12,51	16,3	31,66
	Каолинит	1,28	20,4	4,06
	Мусковит	3,39	20,5	10,79
	Прочие	5,2		15,48
	Всего	44,08		98,77
Максиминералы	Ставролит	0,0074	27,8	0,03
	Дистен	0,0033	32,4	0,02
	Силлманит	0,0082	32,73	0,04
	Гиббсит	0,21	34,4	1,12
	Шпинель	0,0009	38,0	<0,01
	Бемит	0,092	44,64	0,64
	Диаспор	0,026	45,0	0,18
	Корунд	0,0016	52,9	<0,01
	Всего	0,3494		2,04
В породах	Всего	98,9294	6,44	103,64

Примечание. Смешаннослойные образования учтены как гидрослюды и смектиты (в зависимости от состава преобладающих слоев).

ство с содержанием Al_2O_3 78,9 % первыми обнаружили в известняках Хорватии Тучан и Кришпатич в начале двадцатого века. К.Ф. Терентьева и Н.С. Ильина [1942] установили широкое распространение кристалликов диаспора и бемита во всех разновидностях силурийских и девонских известняков в районе бокситового месторождения «Красная Шапочка» на Северном Урале. А.К. Шарова и А.К. Гладковский [1958] обратили внимание на то, что в некото-

рых пробах известняков, взятых вблизи уральских бокситовых месторождений, Al преобладает над Si. В подобных же известняках Е.С. Гуткин [1964] обнаружил алюминиевые гидроксиды и корунд. Г.Н. Черкасов с коллегами [1977] кратко охарактеризовал содержащие гиббсит «суглинки», состоящие, судя по химическим анализам, на 60-95 % из доломита. Но определений содержания алюминиевых гидроксидов и корунда в карбонатных породах автору

не известно. Минимально возможные величины долей масс Al, сконцентрированные в этих минералах, определены по анализам отмеченных выше 5 проб известняков из районов уральских бокситовых месторождений. Весь Si и часть Al пробах пересчитаны на каолинит. Остаток Al отнесен за счет алюминиевых гидроксидов и корунда. Результаты пересчитаны на всю выборку. Установлено, что в алюминиевых гидроксидах и корунде сконцентрировано 0,6 % массы Al, имеющейся в карбонатных породах (см. табл. 2). Соотношение масс этих минералов принято таким же, как в глинистых породах.

Средний минеральный баланс алюминия в осадочных породах

Средний минеральный состав песчанистых и глинистых пород, рассчитанный по данным опубликованных количественных минералогических анализов, не вполне соответствует их среднему химическому составу по А.Б. Ронову и др. [1990]. В соответствии с данными минералогии, здесь должно быть меньше Na, K, Mg, Ca или больше Al. Кроме того, воды должно быть в песчанистых и глинистых породах больше, а в карбонатных породах – меньше. Приняв за основу модель А.Б. Ронина и др. [1990], автор вынужден был корректировать средний минеральный состав осадочных пород для приведения его в соответствие с химическим составом. При минимально возможной корректировке в каждой из осадочных пород и в их совокупности весь Al может быть связан в порообразующих минералах (табл. 3). Таким образом, эта часть данных свидетельствует о том, что величины долей масс Al, сконцентрированных в алюминиевых гидроксидах и корунде, соизмеримы с погрешностями расчетов. То есть, они не превосходят первых процентов массы Al, имеющейся в осадочных породах.

Судя по полученным данным, потенциальный резерв Al, сконцентрированный в гибbsite, бемите, диаспоре и корунде осадочных пород, возможно, и превышает современные потребности в этом металле, но в геохимическом отношении он мал.

Список литературы

Анфимов Л.В. Литогенез в рифейских осадочных толщах Башкирского мегантиклинория (Ю. Урал). Екатеринбург, 1997. 289 с.

Афанасьева И.М. Петрохимические особенности флишевой формации южного склона советских Карпат. Киев: Наукова Думка, 1979. 242 с.

Афанасьева И.М. Литогенез и геохимия флишевой формации северного склона советских Карпат. Киев: Наукова Думка, 1983. 183 с.

Бетелев Н.П. О находке бемита в сухарных каолиновых глинах Сталиногорского района нижнего карбона Татарии // ДАН СССР. 1960. Т. 133. № 4. С. 928-932.

Ван А.В. Происхождение меловых бокситоносных песчаников Туруханского района (Красноярский край) // Проблемы геологии алюминиевого сырья Сибири. Новосибирск, 1977. С. 71-75.

Гладковский А.К., Огородников О.Н., Анфимов Л.В. Проблема происхождения геосинклинальных месторождений бокситов на Урале // Проблемы генезиса бокситов. М.: Наука, 1975. С. 168-177.

Глухан И.В., Серых В.И. Кларки алевритов и аргиллитов Центрального Казахстана. Геохимия. № 9. 2000. С. 922-940.

Гончаров В.В. Огнеупорные глины Боровичско-Любытинского района. М.: Metallurgizdat, 1952. 235 с.

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

Гуткин Е.С. Карбонатные вмещающие толщи Петропавловского бассейна и их связь с бокситами // Закономерности формирования и размещения полезных ископаемых на Урале. Т. 3. Свердловск, 1964. С. 109-126.

Гуткин Е.С., Добровольская Т.И., Сапронова З.Д. Некоторые особенности геологии и геохимии бокситов горного Крыма // Геология и геохимия бокситов, латеритов и генетически связанных с ними пород. Свердловск: Средне-Уральское книжное изд-во, 1976. С. 108-142.

Гуткин Е.С., Хрусталева А.Д., Можжерин И.Г. Мугойское месторождение бокситов на Урале // Советская геология. 1969. № 4. С. 82-96.

Гуткин Е.С. О геохимии галлия в бокситах // Геология палеозоя и мезозоя Урала и Зауралья. Свердловск, 1975. С. 186-196.

Ерофеев В.С., Цеховский Ю.Г. Парагенетические ассоциации континентальных отложений. М.: Наука, 1983. 193 с.

- Кузнецов В.А.* Геохимия аллювиального литогенеза. Минск: Наука и Техника. 208 с.
- Малиновский А.И.* Состав и обстановка накопления нижнемеловых терригенных пород бассейна р. Кемы (Восточный Сихоте-Алинь) // Литология и полезные ископаемые. 2005. № 5. С. 495-514.
- Маслов А.В., Ронкин Ю.Л., Крупенин М.Т., Гареев Э.З., Лепихина О.П.* Нижнерифейские тонкозернистые алюмосиликокластические осадочные образования Башкирского мегантиклинория на Южном Урале: состав и эволюция источников сноса // Геохимия. 2004. № 6. С. 648-669.
- Морозов О.А., Ростовцева Ю.В., Шапиро М.Н.* Верхнемеловые песчаники полуострова Камчатский Мыс (Восточная Камчатка) – продукты размыва континентальной коры: новые данные // Литология и полезные ископаемые. 1996. № 3. С. 301-313.
- Морозов С.Г., Иванова Т.В., Андреев Ю.В.* Особенности химического состава и генезис осадочных пород верхнего протерозоя востока Русской плиты // Геохимия платформенных и геосинклинальных осадочных пород и руд. М.: Наука, 1983. С. 40-48.
- Парначев В.П.* Магматизм и осадконакопление в позднедокембрийской истории Южного Урала. Дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Свердловск, 1987. 519 с.
- Пачаджанов Д.Н.* Геохимия красноватых меловых отложений Таджикской депрессии. М.: Наука, 1981. 244 с.
- Петров В.Г.* Докембрий Западного обрамления Сибирской платформы. Новосибирск: Наука, 1982. 206 с.
- Розенбуш Г.* Описательная петрография. Л., М., Грозный, Новосибирск: Горгеонефтеиздат, 1934. 720 с.
- Ронов А.Б., Хлебникова З.В.* Химический состав важнейших генетических типов глин // Геохимия. 1957. С. 449-469.
- 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, 1975. С. 161-185.
- Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М.* Континентальная кора, ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. С. 379.
- Терентьева К.Ф., Ильина Н.С.* О минералах моногидрата глинозема в силурийских и девонских известняках в районе месторождения «Красная Шапочка» // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1942. № 4. С. 23-24.
- Ушатинский И.Н., Боровский В.В.* Бокситы Щучьинского синклинория (Полярный Урал) // Советская Геология. 1977. № 6. С. 57-74.
- Черкасов Г.Н., Шаламов И.В., Шевцов А.П., Чеха В.П.* Новые данные по бокситоносности Юго-Западного Прианбарья // Проблемы геологии алюминиевого сырья Сибири. Новосибирск, 1977. С. 20-26.
- Шарова А.К., Гладковский А.К.* К вопросу о корреляции известняков и ее значении при поисках и разведке девонских бокситов на Урале // Мат-лы по геологии и полезным ископаемым Урала. Вып. 6. М.: Госгеолтехиздат, 1958. С. 103-110.
- Шутов В.Д.* Минеральные парагенезисы граувакковых комплексов. М.: Наука, 1975. 110 с.
- Condie K.C., Lee D., Farmer G.L.* Tectonic setting and provenance of the Neoproterozoic Uinta Mountain and Big Cottonwood groups, northern Utah: constraints from geochemistry, Nd isotopes, and detrital modes // Sedimentary geology. 2001. V. 141-142. P. 443-464.
- Gallet S., Jahn B, Van Vliet Lanoë B., Dia A., Rossello E.* Loess geochemistry and its implications for particle origin and composition of the upper continental crust. // Earth and Planet. Sci. Let. 1998. V. 156. P. 157-172.
- Di Leo P., Dinelli E., Mondelli G., Schiattarella M.* Geology and geochemistry of Jurassic pelagic sediments, Scisti silicei Formation, southern Appenines, Italy // Sedimentary geology. 2002. V. 150. P. 229-246.