

мигматитов с разбросом содержаний Al от 9.9 до 11.7×10^{17} спин/г, во вторую – микроклиновые граниты ($(2.0-3.6) \times 10^{17}$ спин/г). Стабильно низкими значениями Al центров характеризуются гранитоиды кукушкинского комплекса ($(0.6-1.5) \times 10^{17}$ спин/г). Что касается РЗЭ в цирконах и апатитах мигматитов, то они имеют слабое фракционирование, тогда как в нормальных гранитах циркон и апатит обогащены La (2510 г/т), Ce (8780 г/т) и обеднены группой тяжелых РЗЭ. Для обоих комплексов характерна выдержанность содержаний Y (1315–1632 г/т). Коровое происхождение этих гранитоидов еще раз подтверждается распределением Yb в сосуществующих цирконах и апатитах.

Работа выполнена в рамках Государственного задания по теме № 0246-2019-0078.

Литература

Арт Дж.Г. Некоторые элементы-примеси в трондьемитах – их значение для выяснения генезиса магмы и палеотектонических условий // Трондьемиты, дациты и связанные с ними породы. Под ред. Ф. Баркера. М.: Мир, 1983. С. 99–105.

Бородин Л.С. Геохимия главных серий изверженных пород. М.: Недра, 1981. 194 с.

Князев Ю.Г., Князева О.Ю., Сначев В.И., Жданов А.В., Каримов Т.Р., Айдаров Э.М., Масагутов Р.Х., Арсланова Э.Р. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (3-е поколение). Сер. Уральская. Лист N-40. Уфа. СПб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. 512 с.

Краснобаев А.А. Циркон как индикатор геологических процессов. М.: Наука, 1986. 146 с.

Парначев В.П. Вулканические комплексы и тектонический режим западного склона Южного Урала в позднем докембрии // Древний вулканизм Южного Урала. Свердловск, 1981. С. 18–30.

Савельев Д.Е., Сначев А.В., Пучков В.Н., Сначев В.И. Петрогеохимические и геодинамические особенности формирования ордовикско-раннесилурийских базальтов восточного склона Южного Урала // Геологический сборник. 2006. № 5. С. 85–104.

Сначев А.В., Пучков В.Н., Сначев В.И., Савельев Д.Е., Бажин Е.А. Большаковский габбровый массив – фрагмент Южно-Уральской зоны раннекаменноугольного рифта // Доклады Академии наук. 2009. Т. 429. № 1. С. 79–81.

Сначев В.И., Шулькин Е.П., Муркин В.П., Кузнецов Н.С. Магматизм Восточно-Уральского пояса Южного Урала // БНЦ УрО АН СССР. Уфа, 1990. 179 с.

Ферштатер Г.Б. Петрология главных интрузивных ассоциаций. М.: Наука, 1987. 232 с.

Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rock // Journal of Petrology. 1984. Vol. 25. Part 4. P. 956–983.

А.В. Колomoец¹, А.В. Сначев², М.А. Рассомахин³

¹ – Оренбургский государственный университет, г. Оренбург
kolomoyets56@mail.ru

² – Институт геологии УФИЦ РАН, г. Уфа

³ – Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН,
Институт минералогии, г. Миасс

Геохимические особенности черных сланцев Кумакского рудного поля (Южный Урал)

Кумакское рудное поле расположено в восточной части Аниховского грабена и приурочено к Кумакско-Котансийской зоне смятия, сложенной преимущественно черносланцевыми образованиями брединской свиты (C₁bd) [Лядский и др., 2018]. Промышленные концентрации золота связаны как с сериями кварцевых жил и прожилков, так и с зонами прожилково-

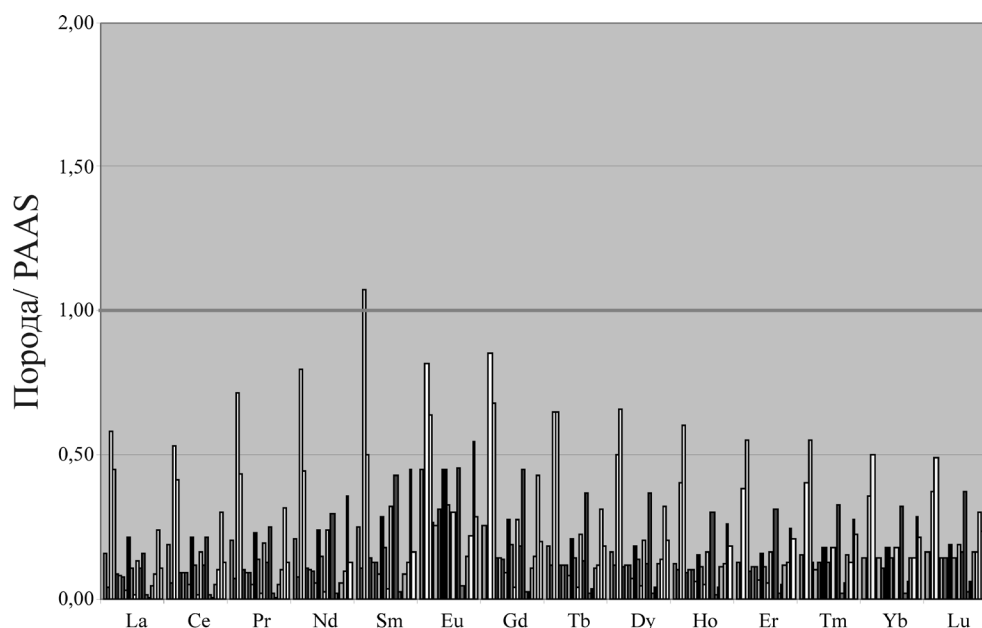


Рис. 1. Содержания РЗЭ в углеродистых породах Кумакского рудного поля, нормированные к РААС [Тейлор, МакЛеннан, 1988].

вкрапленной минерализации в породах, обогащенными углеродистым веществом. Последний тип оруденения наиболее распространен, что и определяет повышенный интерес к этому объекту [Лощинин, Панкратьев, 2006; Сазонов и др., 2011].

Углеродистые толщи Кумакского рудного поля представлены алевролитами, углеродисто-глинистыми сланцами и песчаниками с редкими прослоями известняков и углей. Породы метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации. Их сланцеватые текстуры характеризуются наличием полос слюдисто-кварцевого состава, прослоев и удлиненных линз кварца, послойным скоплением кварца размерностью от мелкой до грубозернистой. Петрографически породы характеризуются микролепидобластовой, лепидогранобластовой и гетерогранобластовой структурами. Среднее содержание $C_{орг}$ в сланцах по данным термогравиметрического анализа составляет 4.7 % (ИГ УФИЦ РАН, г. Уфа, аналитик Т.И. Черникова). В химическом составе отмечаются повышенные содержания MgO (0.60–6.42 %), TiO_2 (0.29–1.89 %), Al_2O_3 (9.40–31.50 %), и, соответственно, повышенные гидролизатный (>0.55) и алюмокремниевый (в среднем, 0.38) модули. По литохимической классификации они соответствуют сиаллитам и сиферлитам [Юдович, Кетрис, 2015].

При изучении геохимии углеродистых сланцев использовался микроанализ методом ИСП МС (ИГиГ УрО РАН, г. Екатеринбург, аналитик Д.В. Киселева). Халькофильные элементы в сланцах Кумакского рудного поля, такие как Cu , Zn , Pb , содержатся обычно в небольших количествах. Группа элементов – типоморфных спутников золота – As , Bi , Sb , проявлена слабо и концентрируется преимущественно в участках наложенной гидротермальной проработки. Учитывая петрохимические особенности и наличие в разрезах прослоев известняков с преобладанием микрофауны, породы можно охарактеризовать как мелководно-прибрежные углеродистые сланцы с преимущественно терригенным источником сноса. По совокупности значений параметров V/Cr , $V/(V + Ni)$, Mo/Mn , $U_a = U_{total} - Th/3$ [Холоднов, Наумов, 1991; Jones, Manning, 1994] углеродистые породы отлагались в окислительных и частично в субокислительных условиях.

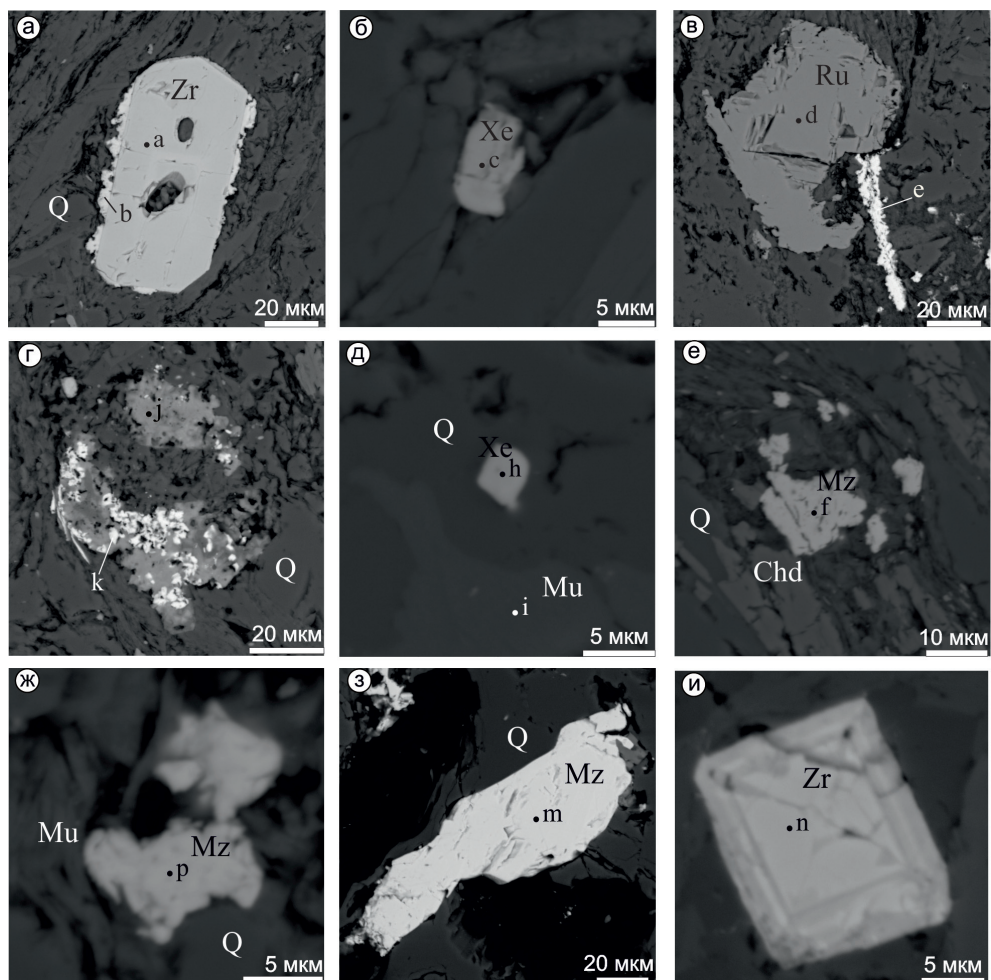


Рис. 2. РЗЭ минералы в черных сланцах Кумаковского месторождения: а) кайма из ксенотима (b) вокруг кристалла циркона (a); б) зерно ксенотима (c) в породе; в) угловатое зерно рутила (d) в ассоциации с пластинчатым рабдофаном (e); г) срастание горсейкита (j) и рабдофана (k); д) зерно ксенотима (h) в мусковите (i); е–з) зерна монацита (f, p, m) в породе; и) зональный кристалл циркона (n). СЭМ фото. Q – кварц, Mu – мусковит, Ru – рутил, Xe – ксенотим, Mz – монацит, Zr – циркон, Chd – хлоритонид.

Нормированные содержания большинства РЗЭ к постархейскому австралийскому глинистому сланцу (РААС) укладываются в интервал от 0.1 до 0.3 единиц, т. е. в рассматриваемых углеродистых породах РЗЭ практически не накапливаются (рис. 1). Методом растровой электронной микроскопии (ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, г. Миасс, аналитик М.А. Рассомахин) в породах установлены минералы РЗЭ: монацит, рабдофан и ксенотим, а также единичные зерна горсейкита, бастнезита и агардита (рис. 2). Ксенотим представлен мелкими зёрнами сложной формы (до 5 мкм), выполняющими полости в кварц-мусковитовой матрице, а также наростами на кристаллах циркона (рис. 2а, б). В составе ксенотима отмечаются высокие концентрации Y (40.35–47.37 мас. % Y_2O_3). Монацит и рабдофан образуют зёрна размером 5–20 мкм и уплощенные выделения между углеродисто-сланцевыми прослоями (рис. 2в–г, е–з). В их составе наиболее высокие концентрации РЗЭ характерны для монацита: 31.23–

32.43 мас. % Ce_2O_3 , 16.69–16.47 мас. % La_2O_3 и 11.78–12.52 мас. % Nd_2O_3 , а также отмечается обогащение Th (1.45–2.63 мас. % ThO_2). Циркон встречается в основной массе породы в виде хорошо ограненных тетрагонально-дипирамидальных кристаллов размером 5–20 мкм (рис. 2а, и).

Таким образом, геохимические особенности углеродистых сланцев Кумакского рудного поля указывают на мелководно-прибрежные обстановки накопления. Осадочный материал имел преимущественно терригенный источник и отлагался в окислительных и частично в субокислительных условиях. Нормирование к постархейскому австралийскому глинистому сланцу показывает, что РЗЭ в рассматриваемых породах минимальны, несмотря на присутствие в них монацита (-Ce) и рабдофана (-Ce), ксенотима (-Y).

Геологические работы выполнены в рамках государственного задания по теме № 0246-2019-0078. Изучение состава минералов проведено в рамках государственной бюджетной темы № АААА-А19-119072390050-9.

Литература

Лоцинин В.П., Панкратьев П.В. Золотоносность ниже-среднепалеозойских черносланцевых формаций Восточного Оренбуржья // Стратегия и процессы освоения георесурсов. Пермь: ГИ УрО РАН, 2006. С. 79–82.

Лядский П.В., Чен-Лен-Сон Б.И., Алексеева Г.А., Оленица Т.В., Кваснюк Л.Н., Мануйлов Н.В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист М-41-1 (Аниховка). Объяснительная записка. – М.: МФ ВСЕГЕИ, 2018. 100 с.

Сазонов В.Н., Коротеев В.А., Огородников В.Н., Поленов Ю.А., Великанов А.Я. Золото в «черных сланцах» Урала // Литосфера. 2011. № 4. С. 70–92.

Тейлор С.Р., МакЛеннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.

Холоднов В.Н., Наумов Р.И. О геохимических критериях появления сероводородного заражения в водах древних водоемов // Известия АН СССР. Серия Геология. 1991. Т. 12. С. 74–82.

Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимия черных сланцев. М.–Берлин: Директ-Медиа, 2015. 272 с.

Jones B., Manning D.A.C. Comparison of geochemical indices used for the interpretation of paleoredox conditions in ancient mudstones // Chemical Geology. 1994. Vol. 111. P. 111–129.

Р.А. Гатауллин

*Уфимский федеральный исследовательский центр РАН, Институт геологии, г. Уфа
Башкирский государственный университет, г. Уфа
rusgatln97@gmail.com*

Минералого-геохимические особенности и условия образования лерцолитов массива Северный Крак, Южный Урал (научный руководитель – д.г.-м.н. Д.Е. Савельев)

Массив Северный Крак расположен в Белорецком районе Республики Башкортостан. Он представляет собой тело размером 15 × 18 км (рис. 1), большую часть площади которого занимают шпинелевые лерцолиты, содержащие 60–80 % оливина, 20–30 % энстатита, 5–10 % диопсида и 1–5 % хромшпинелида. Среди них встречаются участки, сложенные шпинель-плагиоклазовыми лерцолитами, гарцбургитами и дунитами. Дунит-гарцбургитовый комплекс фрагментарно присутствует в краевых частях массива [Савельев и др., 2008].

Фактический материал для настоящей работы получен автором в ходе полевых исследований 2019–2020 гг. в составе отряда Института геологии УФИЦ РАН. Образцы перидоти-