

($\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ $-7.8\dots-6.2$ ‰), а также кислорода кварца и альбита окolorудных метасоматитов ($\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ $6.3\dots 8.2$ ‰) [Мурзин и др., 2002] рудоносный флюид отвечает магматическому. Магматический источник достоверно не установлен.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и АН РБ (грант 11-05-97021-р_поволжье_а), совместного проекта УрО РАН, СО РАН, ДВО РАН и ИГ УНЦ РАН (№ 12-С-5-10-22), ФЦП Минобрнауки (ГК П 237) и проекта молодых ученых и аспирантов УрО РАН (№ 11-5-НП-554).

Литература

Борисенко А. С. Изучение солевого состава растворов газовой-жидких включений в минералах методом криометрии // Геология и геофизика. 1977. № 8. С. 16–28.

Знаменский С. Е., Мичурин С. В. Структурный и литологический контроль золото-сульфидного оруденения месторождения Миндяк (Магнитогорская мегазона Южного Урала) // Металлогения современных и древних океанов–2012. Гидротермальные поля и руды. Миасс: ИМин УрО РАН, 2012. С. 165–169.

Мичурин С. В., Знаменский С. Е. Источники вещества золоторудного месторождения Миндяк: анализ изотопно-геохимических данных // Металлогения современных и древних океанов–2012. Гидротермальные поля и руды. Миасс: ИМин УрО РАН, 2012. С. 169–173.

Мурзин В. В., Бортников Н. С., Сазонов В. Н. и др. Эволюция изотопного состава углерода и кислорода карбонатов и рудообразующего флюида Миндякского золоторудного месторождения // Ежегодник-2001. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2002. С. 252–254.

Прокофьев В. Ю., Спиридонов Э. М. Состав метаморфогенных флюидов и условия преобразования руд Кочкарского золоторудного месторождения (Южный Урал) // II Всероссийское петрографическое совещание «Петрография на рубеже XXI века». Т. 3. Сыктывкар, 2005. С. 88–90.

Тейлор Х. П. Применение изотопии кислорода и водорода к проблемам гидротермального изменения вмещающих пород и рудообразования // Стабильные изотопы и проблемы рудообразования. М.: Мир, 1977. С. 213–294.

Фор Г. Основы изотопной геохимии. М.: Мир, 1989. 590 с.

С. Г. Ковалев

*Институт геологии УНЦ РАН, г. Уфа
kovalev@ufaras.ru*

Благороднометальная геохимическая специализация вулканогенно-осадочных комплексов западного склона Южного Урала

По геологическому строению территория Южного Урала подразделяется на восточную (палеоокеаническую) и западную (палеоконтинентальную) мегазоны. Эти различия формировались на протяжении длительной истории развития региона. В строении восточной мегазоны участвуют структурно-вещественные комплексы, входящие в состав океанических и островодужных формаций, в то время как в западной мегазоне породы представлены преимущественно платформенными осадочными и магматическими образованиями. Особенности геологического строения находят свое выражение и в распространенности благороднометаллических объектов, наибольшее количество и разнообразие которых установлено в восточной мегазоне, где присутст-

вуют практически все типы золоторудных формаций. Золото-сульфидные и золото-кварцевые месторождения и рудопроявления западной мегазоны приурочены к терригенным породам, которые в большинстве случаев прорываются интрузивными телами основного состава. Генетические условия образования этих объектов на сегодняшний день изучены явно недостаточно.

Наиболее известными и значимыми для геологии западного склона Южного Урала являются вулканогенно-осадочные образования машакской свиты (RF₂), распространённые на восточном крыле Ямантауского антиклинория в районе хребтов Малый и Большой Шатак и в более мелких структурах – Кухтурском и Узьянском блоках. Отложения с угловым и стратиграфическим(?) несогласием перекрывают юшинскую свиту нижнего рифея и постепенно сменяются зигальгинскими кварцитами. Среди пород, слагающих Шатакский комплекс, выделяются стратифицированная вулканогенно-осадочная ассоциация, а также образования субвулканической и дайковой фаций. Осадочные породы составляют около 25–45 % его объема и представлены преимущественно грубозернистыми разностями: конгломератами и песчаниками, реже алевролитами, сланцами и известняками. Конгломераты развиты на нескольких стратиграфических уровнях. Они присутствуют в основании разреза (кузьелгинская подсвита) и центральной части свиты (каранская подсвита).

Для конгломератов кузьелгинской подсвиты характерны направленные изменения состава и степени окатанности материала. В нижней части подсвиты породы сложены слабоокатанными, часто остроугольными обломками кварцитов и кварцито-песчаников со значительным количеством сланцевого материала. Вверх по разрезу степень окатанности обломков увеличивается, а сланцевые гальки исчезают полностью. По минеральным парагенезисам и характеру рудной минерализации эти отложения условно подразделяются на две толщи – нижнюю и верхнюю. Для первой характерны значительные колебания мощности, варьирующие в различных обнажениях от 80 до 100 м. Наиболее распространенным рудным минералом в этих породах является гематит. Он встречается как в гальке, так и в цементе конгломератов. В монофракциях гематита, отобранных из цемента конгломератов нижней толщи кузьелгинской подсвиты атомно-абсорбционным методом было установлено до 10.77 г/т Au и 1.12 г/т Ag, а в валовых пробах содержание Au составляет 1.8 г/т, Ag – 1.4 г/т, Pt – до 1.25 г/т, Pd – до 0.35 г/т, при массовой доле железа – 8.22 % [Ковалев, Высоцкий, 2006].

В верхней толще выделяется до трех горизонтов валунно-галечных конгломератов суммарной мощностью около 50 м в переслаивании с потоками(?) и пластовыми телами диабазов, перекрывающихся в верхней части разреза риолитами. Рудная минерализация, приуроченная как к цементу, так и к галькам, представлена идиоморфными кристаллами магнетита размером 0.5–2 мм, в монофракции которого содержание золота составляет 4.9 г/т, серебра – 0.2 г/т. В валовых пробах концентрации благородных металлов достигают (в г/т): Pt до 1.75, Pd до 0.30, Au до 2.15, Ag до 5.25, при массовой доле железа 6.54 % [Ковалев, Высоцкий, 2006].

Конгломераты каранской подсвиты представлены крупногалечными разновидностями, часто в переслаивании с разномзернистыми песчаниками. По преобладающему составу рудных минералов они, также как и конгломераты кузьелгинской подсвиты, подразделяются на гематитовые и магнетитовые разновидности. Ранее было установлено, что повышенные содержания благородных металлов в этих породах хорошо коррелируют с присутствием в их составе оксигидроксидов железа, в которых микронзондовым анализом установлены значимые содержания Au, Pt, Pd и Rh [Ковалев, Высоцкий, 2006].

Кроме железоокисной минерализации в конгломератах выявлены самородные элементы (Au, Ag), сульфиды (пирит, пирротин, халькопирит, борнит, сфалерит, халькозин, ковеллин, бетехтинит), селениды и теллуриды. В двух образцах был обнаружен платиноид, определенный оптическим методом в минералогической лаборатории ОАО «Унипромедь» как нигглиит ($PtSn_3$).

Для грубообломочных пород кузьелгинской и каранской подсвет характерна своеобразная геохимическая специализация. В них наблюдаются повышенные содержания таких элементов, как As, Se, Te, Sn, V, Cr, Ni, Co, Mn, Cu, Zn. Количества благородных металлов превышают кларк земной коры: Pt и Pd – на 2–2.5 порядка, Au на 3–3.5 порядков.

В распределении благородных металлов по разрезам кузьелгинской и каранской подсвет Шатакского комплекса (рис. 1) присутствуют определенные черты, позволяющие предполагать полихронность и полигенность процессов формирования благороднометальной специализации пород. Для кузьелгинской подсветы характерна четко выраженная Os-Pd-Pt специализация, при этом обращает на себя внимание относительно равномерное распределение благородных металлов. Кроме того, из анализа отношений $Pd/Ir - Pt/Pt+Pd$ следует, что породы пикритового тела из основания Шатакского комплекса и метабазалты (метадолериты) кузьелгинской подсветы образуют комплементарный ряд, свидетельствующий о формировании благороднометальной специализации этих пород в едином процессе дифференциации расплава в промежуточной камере.

Благороднометальную геохимическую специализацию пород каранской подсветы можно охарактеризовать как золото-палладий-платиновую. При этом значимые содержания Au распределяются поинтервально, а изменения в содержаниях платины и палладия синхронны. По разрезам обеих подсвет наблюдаются обогащенные Pt и Pd горизонты, приуроченные к нижним частям тел магматических пород. Здесь же необходимо подчеркнуть, что в породах каранской подсветы, в отличие от кузьелгинской, значимые содержания Os не обнаружены.

Генетическая природа благороднометальной геохимической специализации шатакских конгломератов выявляется при сравнительном анализе содержаний благородных металлов в терригенных и магматических породах комплекса. Как видно из рисунка 2, нормализованные количества платиноидов и золота в базальтоидах и конгломератах комплементарны друг другу. При этом специализация магматических пород кузьелгинской и каранской подсвет различается. В породах второй подсветы отсутствуют значимые содержания тугоплавких осмия и иридия. На наш взгляд, это свидетельствует о формировании благороднометальной геохимической специализации терригенных пород под воздействием флюидной фазы, сопровождающей внедрение магматического расплава в верхние горизонты коры. Отсутствие значимых количеств Os и Ir как в базальтоидах, так и в терригенных породах каранской подсветы обусловлено его дифференциацией в промежуточной камере и, как следствие, поздние порции флюида оказываются обедненными тугоплавкими компонентами.

Подводя итог характеристике благороднометальной специализации вулканогенно-осадочных пород Шатакского комплекса, необходимо акцентировать внимание на том, что данные образования фиксируют глобальное событие в докембрийской истории развития региона. Начало процесса знаменуется формированием в раннерифейское время перикратонного прогиба с компенсированным осадконакоплением и внедрением в зоны конседиментационных разломов мелких рассредоточенных базитовых и базит-гипербазитовых интрузий. Проявление магматизма на обширной терри-

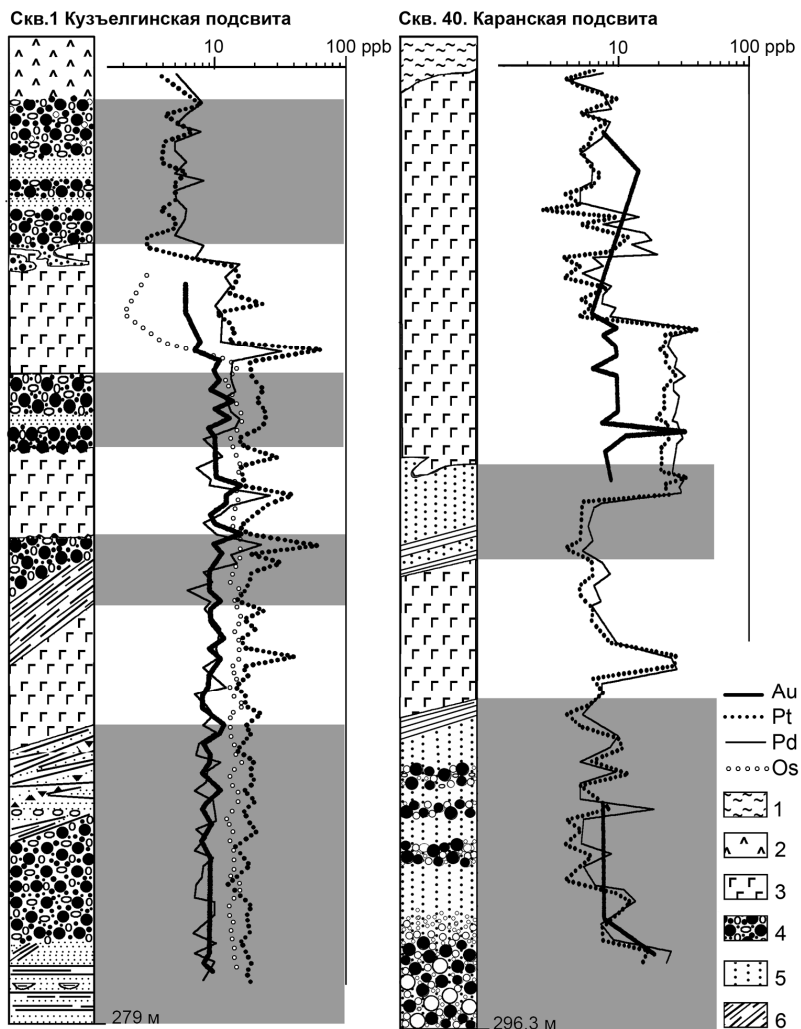


Рис. 1. Распределение благородных металлов по разрезам кузельгинской и каранской подсвит Шатакского комплекса.

1 – кора выветривания; 2 – риолиты; 3 – metabазальты (метабазы); 4 – конгломераты; 5 – песчаники; 6 – алевросланцы и сланцы. Серой заливкой выделены горизонты терригенных пород.

тории преимущественно в интрузивной форме, а также повышенная «основность» пород (пикриты, диабаз-пикритовые комплексы, дайки меланократовых габбро-диабазов) свидетельствуют о его плюмовой природе. Собственно рифтогенный этап знаменуется переходом от рассредоточенного типа растяжения литосферы к линейно сконцентрированному, что в пределах западного склона Южного Урала выразилось в формировании серии грабенообразных структур с максимальным развитием интрузивного магматизма и вулканизма при большом разнообразии продуктов его деятельности – интрузии, эффузивные и пирокластические фации [Ковалев, 2008].

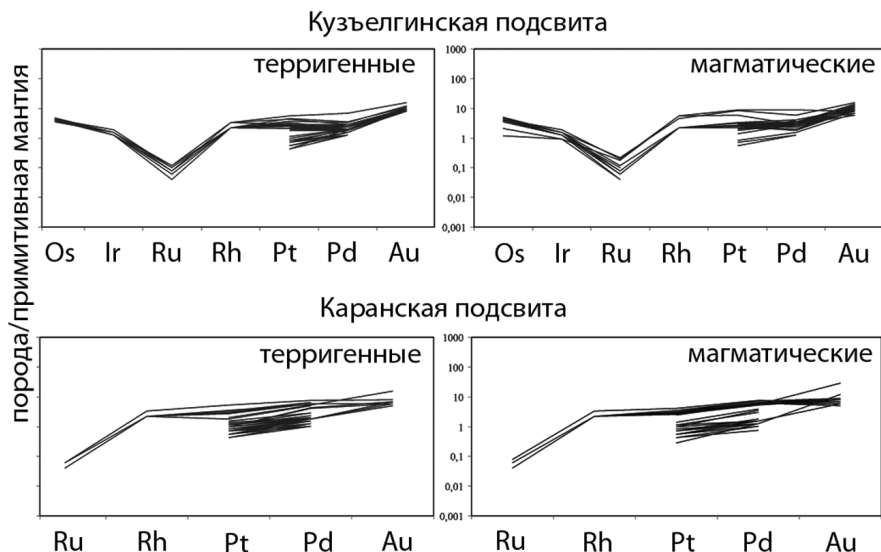


Рис. 2. Нормализованные содержания благородных металлов в магматических и терригенных породах Шатакского комплекса.

Процессы дифференциации в промежуточных очагах и, возможно, контаминация в их верхних частях, приводят к образованию магм, различающихся как по основности (пикриты, базальты, риолиты), так и по геохимическим характеристикам (обогащенность Au, Pt и Pd по сравнению с мантийным субстратом и др.). При этом формирующиеся осадки и осадочные породы верхних горизонтов коры пронизываются потоками глубинных флюидов, что приводит к формированию геохимических аномалий рудогенных элементов. Масштабность рудообразующих процессов определялась эволюцией флюидно-гидротермальных систем, которые сформировались при смене палеорифтогенного этапа развития региона процессами водного корового палингенеза и регионального метаморфизма, реализующимися в режиме сжатия в поздневендское время [Пучков, 2000]. Это привело к образованию рудных объектов или рудных зон, оруденение которых имеет унаследованный характер и специфические черты, присущие как мантийным, так и коровым образованиям.

Таким образом, полученные материалы свидетельствуют о значительных перспективах региона на обнаружение объектов с промышленными запасами полезных компонентов.

Литература

- Ковалев С. Г. Позднедокембрийский рифтогенез в истории развития западного склона Южного Урала // Геотектоника. 2008. № 2. С. 68–79.
- Ковалев С. Г., Высоцкий И. В. Новый тип благороднометалльной минерализации в терригенных породах Шатакского грабена (западный склон Южного Урала) // Литология и полезные ископаемые. 2006. № 4. С. 415–421.
- Пучков В. Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 с.