

И.В. Высоцкий<sup>1</sup>, В.Г. Меньшиков<sup>1</sup>, С.Г. Ковалев

## О НОВОМ ТИПЕ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЬНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОДАХ ШАТАКСКОГО ГРАБЕНА

Среднерифейские образования машакской свиты Шатакского грабена развиты в юго-западной части Белорецкого района Республики Башкортостан и слагают хребет Б. Шатак, где приурочены к восточному крылу южной части Ямантауского антиклинория, осложняющего Башкирский мегантиклинорий. Наиболее полная геологическая информация о составе, строении и условиях формирования свиты содержится в работах А.Ф. Ротаря и др. [1982], В.П. Парначева и др. [1986], С.Г. Ковалева [2002] и других.

Для внутреннего строения свиты характерно широкое развитие песчанико-конгломератовых толщ кварц-кварцитового состава при подчиненной роли углеродистых алевросланцев, разделенных потоками (?) и силлами диабазов, реже риолитов (рис. 1). По литологическому составу и последовательности напластования машакская свита расчленяется на восемь подсвит, из которых первая и шестая являются вулканогенно-осадочными, вторая и четвертая — существенно вулканогенными, а третья, пятая, седьмая и восьмая — терригенными [Ротарь и др., 1982]. Осадочные породы слагают около 75% ее объема и представлены преимущественно грубозернистыми образованиями (песчаниками и конгломератами) при подчиненной роли алевролитов и сланцев. Конгломераты широко развиты в составе кузьелгинской ( $R_2ms_1$ ), куянтавской ( $R_2ms_5$ ) и каранской ( $R_2ms_6$ ) подсвит, слагая горизонты мощностью до 20–25 м и протяженностью 10–12 км. Они представлены от мелко- до валунно-галечных разностями, между которыми существуют все переходы. Обломочный материал состоит из хорошо окатанных галек и валунов кварцитопесчаников, кварцитов и реже кварца. Цемент конгломератов в основном кварц-серицитовый и кварц-серицит-хлоритовый, реже кварц-эпидот-хлоритовый с большим содержанием магнетита и гематита и небольшими включениями сульфидных минералов.

Магматические образования, по данным В.П. Парначева с соавторами [1986], представлены вулканами основного и кислого состава в покровной (эффузивной и пирокластической), субвулканической (силлы) и дайковой фациях. Кроме того, в основании свиты установлено дифференцированное тело диабаз-пикритового состава (см. статью С.Г. Ковалева и И.В. Высоцкого в настоящем сборнике). В основных породах преобладают олигофиновые, мелкопорфиновые и афиновые

разновидности с интерсертакльными и микродиабазовыми, реже офитовыми микроструктурами. Породообразующие минералы представлены альбит-олигоклазом, актинолитом, эпидотом, хлоритом. В меньших количествах отмечаются кальцит, кварц, серицит, сфен, лейкоксен, железистые карбонаты. Рудные минералы представлены титаномагнетитом, магнетитом, гематитом, реже пиритом, пирротинном и халькопиритом. В единичных знаках присутствуют пентландит, аваруйт, самородное золото размером 2–6 мкм.

Первые сведения о возможной золотонности конгломератов машакской свиты содержатся в работах З.М. Ротару, которая при геологическом доизучении площади впервые выявила повышенные концентрации золота в магнетит-гематитовых конгломератах Шатакского грабена на уровне 0,2–0,3 г/т.

В результате детального изучения терригенных толщ (в первую очередь конгломератов кузьелгинской и каранской подсвит), проведенных в последнее время, были получены новые данные по их металлоносности и выделен новый тип благороднометалльного оруденения.

Кузьелгинская подсвита развита на западном склоне хребта Большой Шатак и прослеживается в виде полосы шириной от 300 до 700 м от истоков реки Бол. Кухтур на севере до широты устья ручья Каменный, впадающего в реку Бол. Авзян, на юге. Для внутреннего строения подсвиты характерно переслаивание пачек конгломератов и песчаников в нижней части разреза (85–100 м), конгломератов и диабазов в средней ее части (130–140 м) и присутствие риолитов, мощностью до 180 м — в верхней. От центральной части грабена мощность подсвиты постепенно уменьшается как в северном, так и в южном направлениях. В частности, в южной части грабена на широте г. Катюшка нижняя часть подсвиты до горизонта риолитов полностью выпадает из разреза, а кислые породы с конгломератами в основании залегают на отложениях юшинской свиты. По минеральному парагенезису и характеру рудной минерализации осадочных образований в составе кузьелгинской подсвиты выделяются две толщи.

Нижняя толща (между кровлей юшинской свиты и подошвой нижнего горизонта диабазов) характеризуется регрессивно-трансгрессивным типом разреза (снизу вверх): песчаники — гравелисты — конгломераты мелкогалечные — конгломераты

<sup>1</sup> Государственное унитарное предприятие Уральская комплексная геологоразведочная экспедиция «Уралзолоторазведка», г. Уфа.

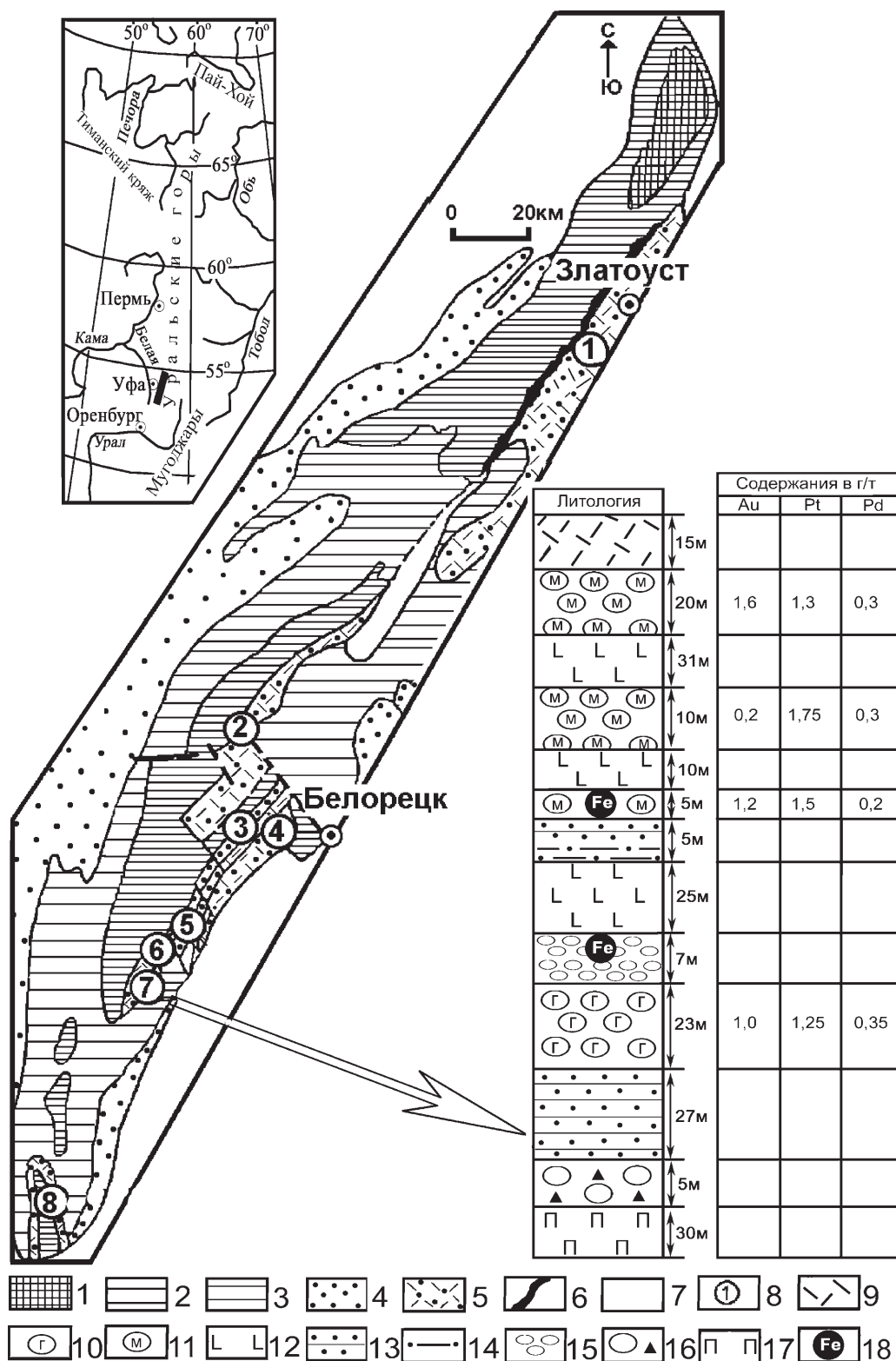


Рис. 1. Геологическая схема распространения среднерифейских вулканогенно-осадочных образований и разрез западного склона хребта Большой Шатак

Условные обозначения: 1 – архей-протерозойский Тараташский комплекс, 2 – нижнерифейские отложения, 3 – среднерифейские осадочные отложения. 4 – верхнерифейско-вендские отложения нерасчлененные, 5 – среднерифейские вулканогенно-осадочные отложения, 6 – Кусинско-Копанский интрузивный комплекс, 7 – палеозойские отложения нерасчлененные, 8 – структурно-вещественные комплексы среднерифейской палеорифтогенной структуры (цифры на схеме: 1 – Кувашский, 2 – Машакский, 3 – Ишлинский, 4 – Белетарский, 5 – Узанский, 6 – Кухтурский, 7 – Шатакский, 8 – Кургасский), 9 – риолиты, 10 – конгломераты с гематитом, 11 – конгломераты с магнетитом, 12 – метабаазальты, 13 – песчаники, 14 – алевропесчаники, 15 – гравелиты, 16 – конгло-брекчии, 17 – дифференцированная интрузия, 18 – находки самородного железа

галечные — конгломераты валунно-галечные — конгломераты галечные — конгломераты мелкогалечные — гравелиты — песчаники. Мощность толщи в различных обнажениях колеблется от 80 до 100 м.

Наиболее распространенным рудным минералом в этих породах является гематит. Он встречается как в гальке, так и в цементе конгломератов. Рентгенографическим фазовым анализом установлено, что конгломераты с гематитом на 92–95% состоят из кварца, слюды (биотит и мусковит), гематита и магнетита. Массовая доля гематита составляет 10–10,5%, магнетита около 1%, слюдистых до 10%. Из прочих присутствуют каолинит (до 5%) и микроклин (до 2–3%). В нижней части толщи отмечаются обильные, до 10–15%, выделения хлоритоида.

Единичные определения содержаний золота и серебра монофракций гематита атомно-абсорбционным методом показали наличие золота до 10,77 г/т, серебра — 1,12 г/т. В технологической пробе конгломератов с гематитом концентрация золота составила 1,8 г/т; серебра — 1,35 г/т; массовая доля железа — 8,22%. Атомно-абсорбционным и пробирным методами выявлено наличие платины (до 1,25 г/т) и палладия (до 0,35 г/т).

В верхней толще выделяется до трех горизонтов валунно-галечных конгломератов суммарной мощностью около 50 м в переслаивании с потоками (?) или силлами диабазов, перекрывающихся в верхней части разреза риолитами.

Отличительной особенностью является присутствие в цементе конгломератов новообразованных минералов эпидот-цоизитовой группы в ассоциации с хлоритом и ороговикованных кварцитовых галек. Рудная минерализация, приуроченная к цементу и к галькам конгломератов, представлена идиоморфными кристаллами магнетита размером 0,5–2 мм. По данным рентгенографического фазового анализа, конгломераты с магнетитом на 95–97% состоят из кварца, магнетита, гематита и слюдистых минералов. Массовая доля магнетита составляет 8%, гематита до 0,5%, слюдистых до 10%. Отмечаются каолинит (2–3%) и микроклин (до 1%).

В монофракции магнетита установлено присутствие золота и серебра в количестве 4,9 г/т и 0,2 г/т соответственно. По данным технологических исследований содержание золота 1,55 г/т, серебра 2,5 г/т, массовая доля железа 6,54%. Атомно-абсорбционным и пробирным методами выявлено наличие платины (до 1,75 г/т) и палладия (до 0,35 г/т).

Каранская подсвета по литолого-петрографическому составу во многом сходна с отложениями кузьелгинской подсветы и прослеживается в виде относительно выдержанной полосы по восточному склону хр. Бол. Шатак.

По преобладающему составу рудных минералов конгломераты каранской подсветы, так же как и кузьелгинской, подразделяются на гематитовые и магнетитовые. В первых разновидностях наибо-

лее распространенный рудный минерал — гематит. Его содержание колеблется от нескольких зерен (гальки конгломератов) до 15–20% (цемент конгломератов). Магнетит довольно редок. Он спорадически встречается среди кварцевого цемента и чаще в ассоциации с гематитом. Представлен магнетит идиоморфными зернами с хорошо развитыми тремя — шестью гранями размером 30–150 мкм.

В конгломератах с магнетитом его вкрапленники неравномерно рассредоточены в цементе. Их количество достигает 60–65%. Довольно часто наблюдается замещение магнетита окисленными минералами железа. Так, в одной из полировок встречен кристалл треугольной формы, на выполненное магнетитом основание которого нарастает тонкая (30–40 мкм) пластинка гематита, а вершину треугольника венчает лепидокрокит.

В обеих разновидностях конгломератов встречаются включения золота, приуроченные чаще всего к хлорит-железистым выделениям, цементирующим зерна кварца. Форма частиц неправильная с резко изрезанными краями, дендритовидная, каплевидная. Размер их в основном 1–5 мкм (фото 1В, 1D на вкладке), но встречаются и более крупные выделения (фото 1А, 1С на вкладке).

Кроме того, в двух образцах обнаружен платиноид, определенный оптическим методом в минералогической лаборатории ОАО «Унипромедь» как нигглиит ( $PtSn_3$ ). Форма его выделений идиоморфнозернистая, с правильными и ровными двумя и тремя гранями (фото 2 на вкладке). Твердость средняя, двутражение очень сильное ( $R = 20–40\%$ ), анизотропия с ярким цветным эффектом от оранжевого до темно-серо-синего.

Анализируя приведенные выше материалы необходимо отметить следующее:

1) платино-золото-железометальное оруденение, установленное в конгломератах машакской свиты, приурочено к двум возрастным уровням и распространено на большой территории (до 20 км по простиранию);

2) минералого-геохимически рудные горизонты характеризуются наличием двух видов железокислой минерализации (магнетитовой и гематитовой), с суммарными содержаниями золота и платины в пределах 1–4 г/т (по результатам технологического опробования — 1,55–1,8 г/т Au, ядерно-физическим, иодометрическим, хромометрическим методами — до 3–4 г/т Au; атомно-абсорбционным методом — до 1,3–1,75 г/т Pt и до 0,35 г/т Pd) при их отношении близком к единице и наличием тонкого (до 40 мкм, реже до 200 мкм) свободного золота и платиноидов.

Обоснование физико-химических условий формирования платино-золото-железометального оруденения базируется на взглядах А.А. Маракужева и М.И. Безмена [1971], показавших, что возрастание положительной свободной энергии

К статье И. В. Высоцкого и др. «О НОВОМ ТИПЕ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЬНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОДАХ ШАТАКСКОГО ГРАБЕНА»

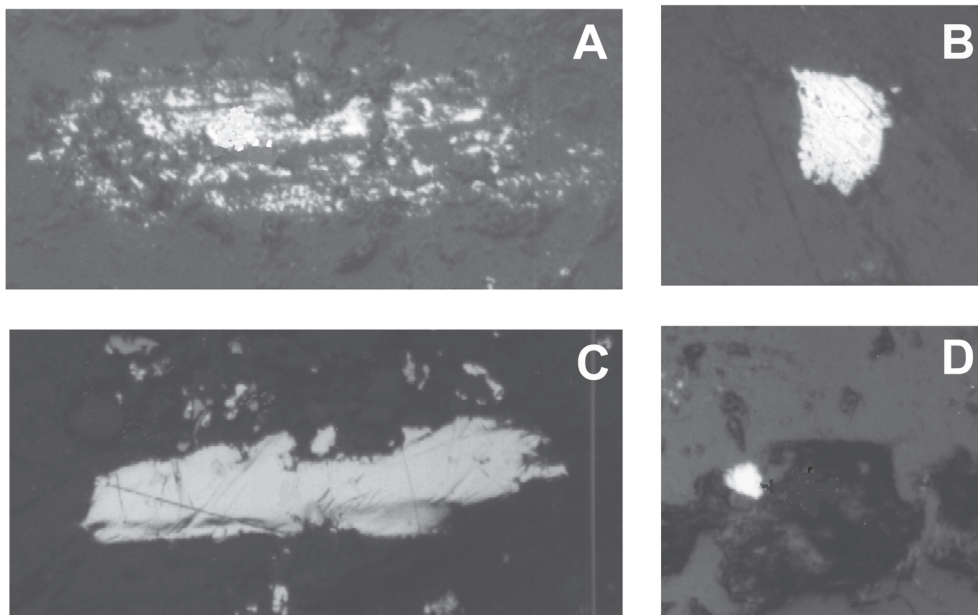


Фото 1. Самородное золото из машакских конгломератов с гематитом (А, В) и магнетитом (С, D)  
А - рассредоточенная в виде субпараллельных пунктиров вкрапленность золота в кварцевой гальке, полированный шлиф,  $\times 280$ , В - частица золота в кварцевой гальке, полированный шлиф,  $\times 280$ , С - золото из грубого концентрата конгломератов, полированный шлиф,  $\times 280$ , D - золото в цементе конгломератов, полированный шлиф,  $\times 280$

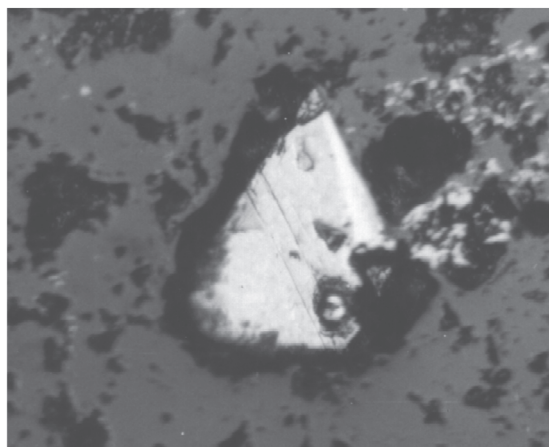
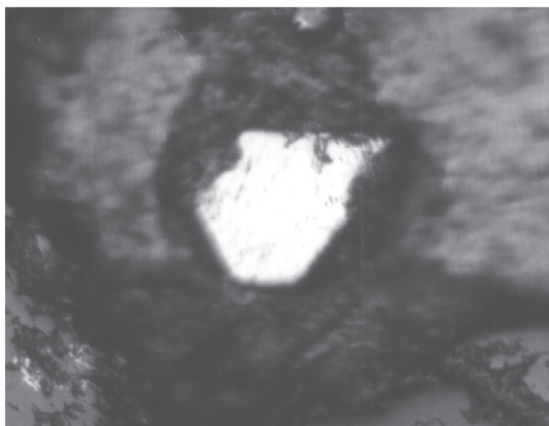


Фото 2. Платиноиды из машакских конгломератов  
Полированный шлиф,  $\times 280$

реакций типа  $\text{MeO}_2 + \text{S}_2 = \text{MeS}_2 + \text{O}_2$  с повышением температуры свидетельствует о все большем смещении равновесия реакций влево, в сторону образования окислов, что соответствует эмпирически выявленной закономерности, согласно которой смена окисного оруденения сульфидным на рудных месторождениях происходит с понижением температуры. Расчеты равновесных соотношений между магнетитом и сульфидами железа в системах с участием ионов  $\text{HS}^-$  и  $\text{OH}^-$  позволили установить, что при температурах выше  $400^\circ\text{C}$  магнетит более устойчив, нежели сульфиды железа. Снижение температуры системы ниже  $400^\circ\text{C}$  уже предопределяет появление в системе вместо магнетита парagenезиса пирита с пирроотином [Павлов, 1976].

Таким образом, при повышенных температурах возрастание активности кислорода, выражающееся в увеличении сродства металлов к кислороду, предопределяет устойчивость минералов окислов и силикатов железа. Золото и платина в этих условиях проявляют свои сидерофильные свойства, что и обуславливает совместную миграцию благородных металлов и железа, концентрация которых в высокотемпературных щелочных восстановленных растворах может быть достаточно велика. Палладий, в отличие от платины, является типичным халькофильным элементом, поэтому он не характерен для данной ассоциации, о чем свидетельствуют высокие значения  $\text{Pt/Pd}$  соотношения, в среднем равного 4.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что формирование золото-платино-железоокисной ассоциации в конгломератах машакской свиты происходило из щелочных восстановленных растворов при температуре не ниже  $400^\circ\text{C}$ .

#### *Литература:*

**Ковалев С.Г.** Рифтогенез в истории развития башкирской части Южного Урала (динамика формирования структурно-вещественных комплексов и их металлогеническая специализация): Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук / ИГиГ УрО РАН. Екатеринбург, 2002. 40 с.

**Маракушев А.А., Безмен Н.И.** Термодинамика сульфидов и окислов в связи с проблемами рудообразования М.: Наука, 1971. 229 с.

**Павлов А.Л.** Эволюция физико-химических параметров гидротермальных систем при рудообразовании. Новосибирск: Наука, 1976. 300 с.

**Парначев В.П., Ротарь А.Ф., Ротарь З.М.** Среднерифейская вулканогенно-осадочная ассоциация Башкирского мегантиклинория (Южный Урал). Свердловск: УНЦ АН СССР. 1986. 105 с.

**Ротарь А.Ф., Ротарь З.М., Парначев В.П.** Стратиграфия шатакской свиты среднего рифея на Южном Урале // Стратиграфия и литология докембрийских и раннепалеозойских отложений Урала. Свердловск, 1982. С. 53–64.