

# БЛАГОРОДНОМЕТАЛЬНЫЙ РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БАШКИРСКОГО МЕГАНТИКЛИНОРИЯ

© **С.Г. Ковалев,**

доктор геолого-минералогических наук,  
заместитель директора,  
Институт геологии  
Уфимского научного центра РАН,  
ул. К. Маркса, 16/2,  
450077, г. Уфа, Российская Федерация

© **С.С. Ковалев,**

младший научный сотрудник,  
Институт геологии  
Уфимского научного центра РАН,  
ул. К. Маркса, 16/2,  
450077, г. Уфа, Российская Федерация,  
e-mail: kovalev@ufaras.ru

В работе приводятся материалы о рудоносности черносланцевых отложений и конгломератов, распространенных в пределах Башкирского мегантиклинория. Дано описание выделенных рудоносных зон в черносланцевых породах и конгломератах средне-рифейского возраста. На основе анализа содержаний благородных металлов в терригенных породах нижнего и среднего рифея из стратотипических разрезов и одновозрастных им осадочных образований, приуроченных к тектоническим зонам, установлена их благороднометальная геохимическая специализация и показана перспективность на обнаружение объектов с повышенными содержаниями элементов платиновой группы и золота. Выявлена «индикаторная» роль родия. Делается вывод о том, что потенциально рудоносные зоны в терригенных отложениях Башкирского мегантиклинория сформировались в результате многоэтапных полигенных процессов, обусловленных развитием плюмов в рифейское время.

Ключевые слова: Башкирский мегантиклинорий, черносланцевые отложения, элементы платиновой группы, самородное золото, сульфиды, геохимическая специализация, стратотипические разрезы, тектонические зоны, магматические породы, метаморфизм

© S.G.Kovalev<sup>1</sup>, S.S.Kovalev<sup>2</sup>

## NOBLE METAL RESOURCE POTENTIAL OF TERRIGENOUS DEPOSITS OF THE BASHKIR MEGANTICLINORIUM

<sup>1</sup>Institute of Geology  
Ufa Scientific Centre  
Russian Academy of Sciences,  
16/2, ulitsa K. Marksa,  
450054, Ufa, Russian Federation,  
e-mail: kovalev@ufaras.ru

<sup>2</sup>Institute of Geology  
Ufa Scientific Centre  
Russian Academy of Sciences,  
16/2, ulitsa K. Marksa,  
450054, Ufa, Russian Federation

This paper considers materials on the black shale deposits and ore-bearing conglomerates spread within the Bashkir Meganticlinorium and describes mineralized zones established in Middle Riphean black shale rocks and conglomerates. Based on the content analysis of noble metals in Lower and Middle Riphean clastic rocks of the stratotype sections and coeval sedimentary units confined to tectonic zones, the paper determines their noble metal geochemical specialization and shows them to be promising for finding the sites with higher contents of platinum group elements and gold. The "indicative" role of rhodium is shown. It is concluded that the potentially mineralized zones in clastic sediments of the Bashkir Meganticlinorium have been formed as a result of multi-stage processes due to the development of polygenic plumes in the Riphean time period.

Key words: Bashkir Meganticlinorium, black shale deposits, platinum group elements, native gold, sulfides, geochemical specialization, stratotype sections, tectonic zones, igneous rocks, metamorphism

**Введение.** В последние десятилетия в различных регионах мира были открыты месторождения благородных металлов неизвестных ранее типов в углеродсодержащих осадочно-метаморфических комплексах, которые к настоящему времени относятся к одному из самых перспективных типов месторождений золота и платиноидов. Эти образования имеют широкое географическое распространение и приурочены к различным возрастным уровням, от протерозоя до раннего мезозоя [1–2]. Выявленные месторождения различаются между собой по масштабности оруденения, морфологии рудных тел, интенсивности гидротермально-метасоматической проработки вмещающих пород и, как следствие, по концентрации полезных компонентов. Кроме того, значительный интерес во всем мире по-прежнему вызывают грубообломочные породы (конгломераты) в связи с более чем 100-летней эксплуатацией комплексного платино-золото-уранового месторождения Витватерсранд (ЮАР), которое к настоящему времени обеспечивает от 25 до 50% добываемого в мире золота.

В пределах Башкирского мегантиклинория углеродсодержащие отложения широко распространены. В виде горизонтов переменной мощности они установлены в бурзянской (RF1) и юрматинской (RF2) сериях – в составе большеинзерской, суранской и юшинской свит нижнего рифея и практически во всех свитах среднего рифея. Грубообломочные породы также присутствуют на нескольких стратиграфических уровнях (RF1, RF2, V), но наиболее перспективными, по нашему мнению, являются грубообломочные породы, входящие в состав машакской свиты (RF2), обнажающиеся на хребте Большой Шатак.

Проведенные исследования показали перспективность данных пород на комплексное благороднометальное оруденение.

**Геологическое строение перспективных зон.** Улуелгинско-Кудашмановская зона приурочена к Юрюзано-Зюраткульскому разлому

и сложена породами среднерифейского возраста (см. рис. 1). Ранее здесь была выявлена Au-Ag-U-Th-REE минерализация в сложно-дислоцированных углеродсодержащих сланцах, которые пространственно ассоциируются с магматическими породами основного состава [3–5]. В результате детального изучения были обнаружены многочисленные новообразованные минералы: сульфиды (пирит, пирротин, халькопирит, галенит, сфалерит); самородные элементы (Au, Sn, Pb, Ag); соединения, близкие к фурутобеиту  $(\text{Cu}, \text{Ag})_6\text{PbS}_4$ ; промежуточные нестехиометричные соединения ряда халькопирит  $(\text{CuFeS}_2)$  – ленаит  $(\text{AgFeS}_2)$ ; соединения ряда  $(\text{Ag}, \text{Fe})_n(\text{S}, \text{Se})_m$  –  $(\text{Ag}, \text{Fe})_n(\text{S}, \text{Te})_m$ , а также уранинит, коффинит, ураноцирцит, торит урановый, монацит и неидентифицированные редкоземельные фазы. Самородное Au было обнаружено в пробе-протопочке из будинированной кварцевой жилы [5]. Золото высокопробное, микронзондовым методом в его составе обнаружены Cu (0,21–0,41 вес. %) и Ag (4,58–6,50 вес. %).

Суран-Ишлинская площадь расположена на левобережье р. Большой Инзер в зоне Караташского и Зюраткульского региональных разломов (см. рис. 1), где распространены углеродсодержащие сланцы, алевролиты и карбонатные породы суранской свиты (RF1). Прожилково-вкрапленное карбонат-кварц-сульфидное оруденение развито в зонах дробления и морфологически представлено линейной минерализованной зоной, вытянутой в северо-восточном направлении. Пробуренные скважины вскрыли глинистую кору выветривания по углеродистым кварц-серицит-хлоритовым сланцам, долеритам и карбонатным породам, мощность которой варьирует от 53,6 м до 325,0 м. По результатам химико-спектрального анализа содержание Au в породах изменяется в пределах от 0,5 до > 2,0 г/т (в единичных пробах установлено 3,05, 5,31 и 27,29 г/т). В коре выветривания обнаружены самородное Au и аурикуприд  $(\text{Cu}_3\text{Au})$  [6].

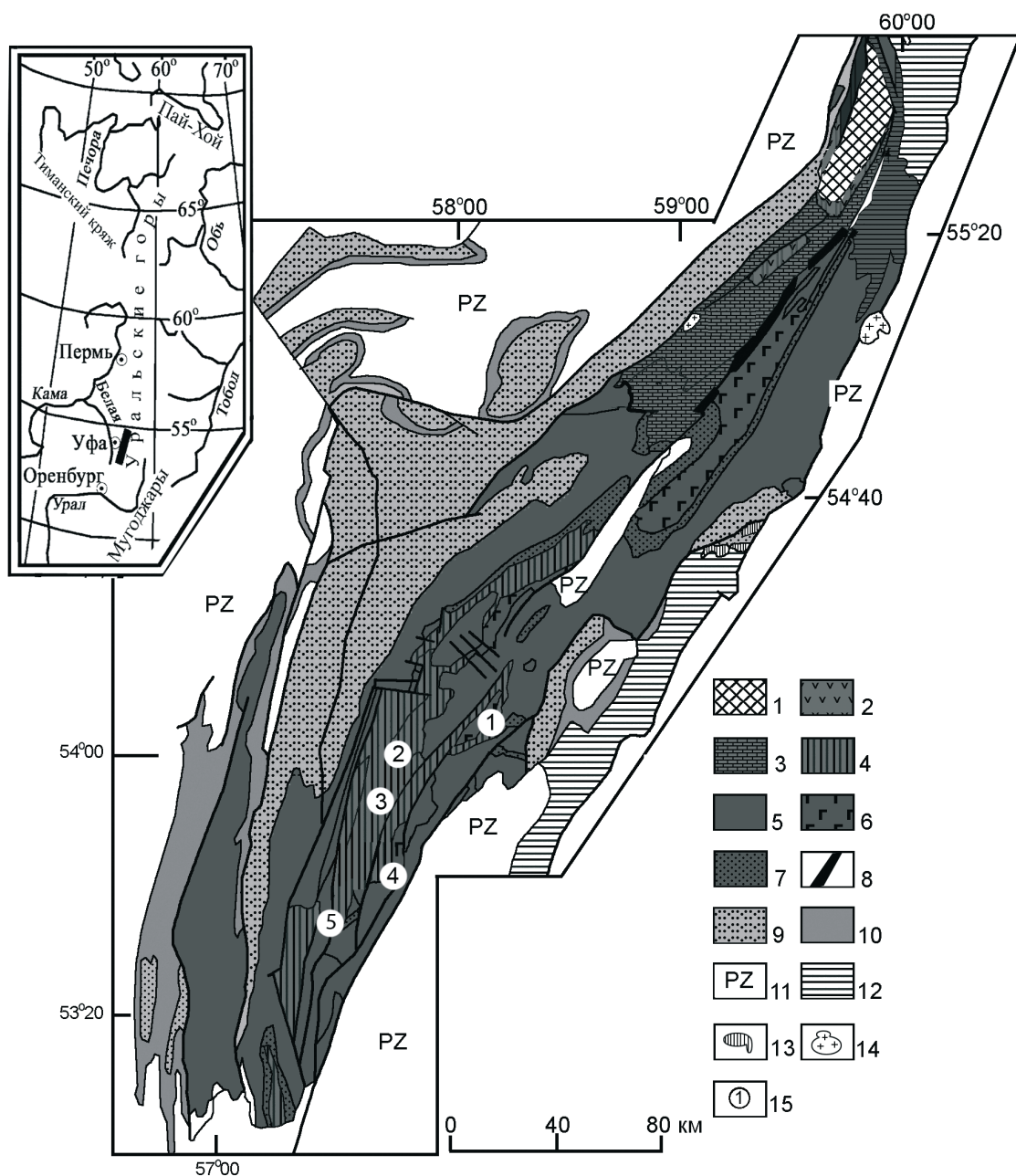


Рис. 1. Геологическая схема Башкирского мегантиклинория и местоположения изученных черносланцевых разрезов: 1 – тараташский метаморфический комплекс; 2 – айская свита (RF1), 3 – саткинская и бакальская свиты нерасчлененные (RF1); 4 – большеинзерская, суранская и юшинская свиты нерасчлененные (RF1); 5 – терригенные отложения нерасчлененные (RF2); 6 – вулканогенно-осадочные отложения нерасчлененные (RF2); 7 – зигальгинская свита (RF2); 8 – Кусинско-Копанский комплекс (RF2); 9 – верхнерифейские отложения нерасчлененные; 10 – вендские отложения нерасчлененные; 11 – палеозойские отложения нерасчлененные; 12 – метаморфические комплексы нерасчлененные; 13 – ультраосновные породы; 14 – гранитоиды; 15 – изученные разрезы и комплексы (1 – Улуелгинско-Кудашмановский; 2 – Интуратовский; 3 – Суран-Ишлинский; 4 – Узянско-Кагармановский; 5 – Шатакский)

*Интуратовская зона* расположена в 3,5 км южнее с. Ишля (Белорецкий район Республики Башкортостан) в полосе развития отложений суранской свиты (RF1), которые представлены переслаиванием темно-серых и черных углеродсодержащих сланцев с серыми доломитами и доломитизированными алевропесчаниками (см. рис. 1). Здесь же присутствуют кварцевые жилы мощностью до 1–1,5 м, в которых содержится 2,2–2,4 г/т Au

и 2,66–3,0 г/т Ag, а в пробах-протолочках были обнаружены 20 знаков мелкого (от  $0,225 \times 0,075$  до  $0,125 \times 0,075$  мм) золота неправильно-комковатой, уплощенно-изометричной формы с неровно-ноздреватой поверхностью [7].

*Узянско-Кагармановская зона* расположена в восточной части Башкирского мегантиклинория, в полосе развития пород авзянской (RF2) и зигазино-комаровской (RF2) свит, вблизи контакта докембрийского разреза Башкирского мегантиклинория с палеозойским обрамлением (см. рис. 1). Породы зоны представлены переслаиванием глинистых сланцев, мелкозернистых кварцитопесчаников и углеродсодержащих сланцев. В химическом составе последних было установлено 1,0–3,21 г/т золота и 0,4–0,8 г/т серебра при повышенных количествах платиноидов (Pt – 20–270, Pd – 10–140, Ru – 5–70, Rh – 1–5 мг/т) [8].

*Машакский комплекс (свита)* представляет собой естественную ассоциацию стратифицированных вулканогенно-осадочных образований, пород жерловой, субвулканической и дайковой фаций. Стратифицированные образования комплекса слагают моноклираль на юго-восточном крыле Ямантауского антиклинория, осложненную дизъюнктивными нарушениями и мелкой складчатостью. В южной части Ямантауского антиклинория возрастным аналогом машакских отложений считаются вулканогенно-осадочные образования шатакского комплекса (свиты). Толщи локализуются на восточном крыле Ямантауского антиклинория, где с угловым несогласием перекрывают юшинскую свиту нижнего рифея и постепенно сменяются зигальгинскими кварцитами. Среди слагающих шатакский комплекс пород выделяются стратифицированная вулканогенно-осадочная ассоциация, а также образования субвулканической и дайковой фаций [9]. Осадочные породы слагают около 25–45% его объема и представлены преимущественно грубозер-

нистыми 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).

В монофракциях гематита, отобранных из цемента конгломератов нижней толщи кузьелгинской подсвиты атомно-абсорбционным методом, было установлено до 10,77 г/т золота и 1,12 г/т серебра, 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 доли железа – 8,22% [10]. В верхней толще выделяются до трех горизонтов валунно-галечных конгломератов суммарной мощностью около 50 м в переслаивании с потоками базальтов и пластовыми телами долеритов, 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% [10].

Кроме железоокисной минерализации, в конгломератах выявлены самородные золото и серебро, нигглиит ( $PtSn_3$ ), гессит ( $TeAg_2$ ), пирит ( $FeS_2$ ), халькопирит ( $CuFeS_2$ ), борнит ( $Cu_5FeS_4$ ), сфалерит ( $(Zn,Fe)S$ ), халькозин ( $Cu_2S$ ), бетехтинит ( $Cu_{21}Pb_2S_{15}$ ), пентландит ( $(Fe,Ni)_9S_8$ ), соединения селена с мышьяком и теллура с железом [6].

**Геохимическая специализация терригенных комплексов.** Для выявления ресурсного потенциала терригенных отложений Башкирского мегантиклинория нами было проведено изучение геохимической специализации пород нижнего и среднего рифея из стратотипических разрезов («фоновые» содержания)

и одновозрастных им осадочных образований, охарактеризованных выше.

Содержания элементов платиновой группы (ЭПГ) и Au определены методом ICPMS в ЦИИ ВСЕГЕИ (аналитики В.А. Шишлов, В.Л. Кудрявцев; пределы обнаружения ЭПГ и Au – 0,002 г/т).

Полученные результаты сводятся к следующему:

- для «неизменных» RF1 и RF2 терригенных пород характерна четко выраженная Pd геохимическая специализация (см. рис. 2). По отношению к содержанию Pd в континентальной коре [11] его количества в сланцах различных уровней RF1 и RF2 весьма стабильны и составляют в среднем ~ 40–100 (для Pt этот параметр составляет 2–13, Ru – 2–25, Ir – 6–25);

- нормализованные содержания Au в «неизменных» терригенных породах RF1 и RF2, напротив, близки к коровым, варьируя в пределах 0,63–2,46;

- отличительной чертой «фоновых» содержаний ЭПГ в породах нижнего и среднего рифея является отсутствие Rh, значимых количеств которого не установлено ни в одном из 116 проанализированных образцов.

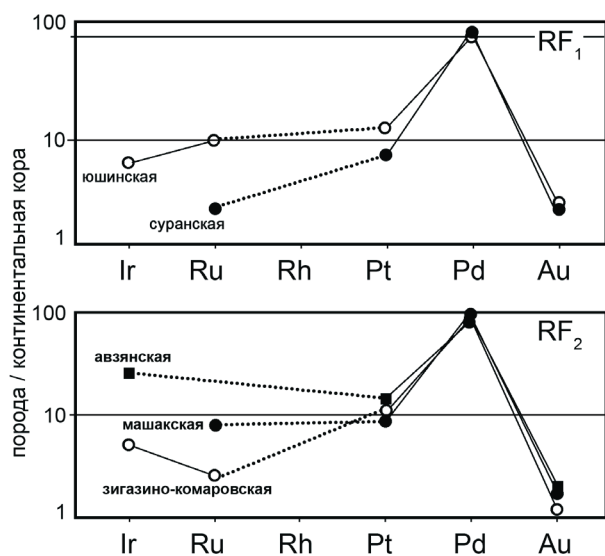


Рис. 2. Нормализованные содержания благородных металлов в сланцевых толщах ранне- и среднерифейского возраста из стратотипических разрезов западного склона Южного Урала (образцы из коллекции Э.З. Гареева). Континентальная кора по [11]

Данные о содержаниях ЭПГ и Au в «неизменных» образованиях рифея сопоставлены с концентрациями этих элементов в породах Интуратовской, Улуелгинско-Кудашмановской зон и Шатакского комплекса. В результате выявлены значительные различия в распределении ЭПГ и Au между «неизменными» образованиями и их метаморфизованными аналогами. Так, для низкоуглеродистых глинистых и карбонатно-глинистых сланцев Интуратовской зоны характерна Pd-Rh специализация, а параметр Pt/Pd на порядок выше, чем в «неизменных» породах этого же стратиграфического уровня. Нормированные содержания Ir в различных породах этой зоны различаются на 3 порядка (рис. 3). На перераспределение ЭПГ в процессе метаморфизма отчетливо указывают и повышенные содержания Pt, Pd и Ir в кварцевых жилах, секущих сланцы Интуратовской зоны (см. рис. 3). Определенное своеобразие в распределении нормированных на континентальную кору содержаний Au и ЭПГ устанавливается и для терригенных пород Шатакского комплекса. Для них характерна Pd–Pt–Rh- и Pt–Pd–Rh-специализация при величине Pt/Pd от 0,66 до 1,38. Смена типа благороднометалльной специализации терригенных пород с Pt-Pd на Pd-Pt хорошо коррелирует с материалами, полученными при изучении рудоносности докембрийских конгломератов Шатакского комплекса, в которых была выявлена Os-Pd-Pt-специализация пород при Pt/Pd ~4 [10].

**Генезис благороднометалльной геохимической специализации терригенных пород.** Генетическая природа благороднометалльной геохимической специализации как «неизменных» терригенных образований нижнего и среднего рифея Башкирского мегантиклинория, так и приуроченных к тектоническим зонам их стратиграфических аналогов, выявляется при анализе распределения нормированных на примитивную мантию [12] содержаний Au и ЭПГ в породах магматических

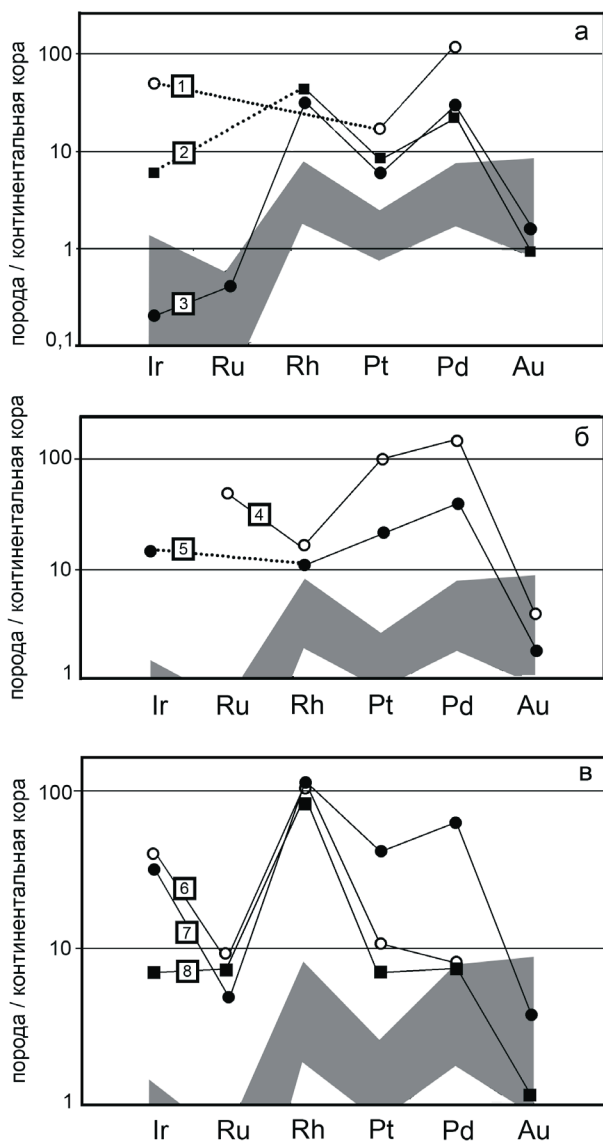


Рис. 3. Средние нормализованные содержания благородных металлов в терригенных отложениях (а – Интуратовская зона, б – Улуелгинско-Кудашмановская и Узянско-Кагармановская зоны, в – Шатакский комплекс) и магматических породах рифейского возраста (серая заливка): 1–3 – Интуратовская зона (1 – жильный кварц; 2 – карбонатно-глинистые сланцы; 3 – углеродсодержащие сланцы); 4 – углеродсодержащие сланцы, Узянско-Кагармановская зона; 5 – углеродсодержащие сланцы Улуелгинско-Кудашмановская зона; 6–8 – Шатакский комплекс (6 – сланцы; 7 – песчаники; 8 – конгломераты). 4 по [8]

комплексов рифейского возраста, распространенных в пределах Башкирского мегантиклинория (см. рис. 3). Для них характерно четко выраженное обогащение Au, Pd, Pt и Rh по отношению к примитивной мантии, что свидетельствует о значительном рудогенери-

рующем потенциале этого типа магматизма. По сравнению с содержаниями благородных металлов в «эталонных» составах пикритов и коматиитов [13] южноуральские пикриты в значительной степени обогащены Pd и Rh при близких (либо незначительно больших) количествах Au, Pt, Ru и Ir. Это указывает на специфику южноуральской магматической провинции, а значительные вариации содержаний Pt, Pd и Au свидетельствуют об их подвижности в процессах внутрикоровой дифференциации.

Сопоставление графиков нормированных содержаний ЭПГ в терригенных и магматических породах рифея Башкирского мегантиклинория (см. рис. 2–3) показывает, что в первую очередь они различаются наличием/отсутствием Rh. Из этого следует, что Rh может являться индикатором геохимической специализации как «неизменных» терригенных пород стратотипических разрезов, в которых он отсутствует, так и метаморфизованных осадочных образований, приуроченных к тектоническим зонам, где его количество фиксируется инструментальными методами.

Согласно современным геодинамическим построениям, западный склон Южного Урала в раннем и среднем рифее (мезопротерозое) являлся частью Волго-Уральского сегмента палеоконтинента Балтики [14]. Проявление на указанной территории в раннем рифее плюмовых процессов [15] привело к формированию интракратонного прогиба и внедрению в зоны конседиментационных разломов многочисленных интрузий (пикриты, габбро-долериты). Собственно рифтогенный этап начала среднего рифея характеризовался уже линейно сконцентрированным растяжением литосферы [16], что привело в пределах западного склона Южного Урала и прилегающей части Русской плиты к формированию серии грабенообразных структур с максимальным развитием интрузивного магматизма и вулканизма [17]. Процессы плавления

мантийного субстрата и его дифференциация в промежуточных очагах способствовали образованию магм, различавшихся как по основности (пикриты, долериты, базальты, риолиты), так и геохимическим характеристикам (обогаченность Au, Pt, Rh, Pd и др.). При этом осадочные породы подверглись воздействию глубинных флюидов, что, по всей видимости, и привело к формированию геохимических аномалий рудогенных элементов, ЭПГ и Au. Масштабность последующих рудообразующих процессов определялась эволюцией флюидно-гидротермальных систем, ко-

торые сформировались при смене палеорифтогенного этапа развития региона процессами водного корового палингенеза, а также локального и регионального метаморфизма.

Таким образом, в результате многоэтапных полигенных процессов на западном склоне Южного Урала сформировались потенциально рудоносные зоны в терригенных отложениях, оруденение которых характеризуется присутствием «мантийных» элементов, перераспределившихся в результате «коровых» процессов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Додин Д.А., Чернышев Н.М., Яцкевич Б.А. Платинометалльные месторождения России. СПб.: Наука, 2000. 755 с.
2. Дистлер В.В., Митрофанов Г.Л., Немеров В.К., Коваленкер В.А., Мохов А.В., Семейкина Л.К., Юдовская М.А. Форма нахождения металлов платиновой группы и их генезис в золоторудном месторождении Сухой Лог (Россия) // Геология рудных месторождений. 1996. Т. 38. № 6. С. 467–484.
3. Ковалев С.Г. Слождислоцированные углеродсодержащие породы западного склона Южного Урала // Докл. РАН. 2004. Т. 396. № 4. С. 511–514.
4. Ковалев С.Г., Кринов Д.И., Мичурин С.В. Первая находка минералов урана и тория в черносланцевых породах Южного Урала // Докл. РАН. 2010. Т. 430. № 6. С. 797–801.
5. Ковалев С.Г., Мичурин С.В., Высоцкий И.В., Ковалев С.С. Геология, минералогия и металлогеническая специализация углеродсодержащих толщ Улуелгинско-Кудашмановской зоны (западный склон Южного Урала) // Литосфера. 2013. № 3. С. 67–88.
6. Ковалев С.Г., Высоцкий И.В., Пучков В.Н., Маслов А.В., Гареев Э.З. Геохимическая специализация структурно-вещественных комплексов Башкирского мегантиклинория. Уфа: ДизайнПресс, 2013. 268 с.
7. Ковалев С.Г., Высоцкий И.В., Фаткуллин И.Р. Слождислоцированные углеродсодержащие толщ
8. Сначев А.В., Сначев В.И., Рыкус М.В., Савельев Д.Е., Бажин Е.А., Ардисламов Ф.Р. Геология, петрогеохимия и рудоносность углеродистых отложений Южного Урала. Уфа: ДизайнПресс, 2012. 208 с.
9. Ковалев С.Г., Высоцкий И.В. Новые данные по геологии Шатакского комплекса (западный склон Южного Урала) // Литология и полезные ископаемые. 2008. № 3. С. 280–289.
10. Ковалев С.Г., Высоцкий И.В. Новый тип оруденения в докембрийских конгломератах западного склона Южного Урала // ДАН. 2004. Т. 395. № 4. С. 503–506.
11. Wedepohl K.H. The composition of the continental crust // *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59. 1995, pp. 1217–1239.
12. McDonough W.F. and Sun S.S. Composition of the Earth // *Chemical Geology*. 120. 1995, pp. 223–253.
13. Barnes S.J. and Lightfoot P.C. Formation of magmatic nickel-sulfide ore deposits and affecting their copper and platinum-group element contents // *Economic Geology 100th Anni-versary Volume*. 2005, pp. 179–213.
14. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
15. Пучков В.Н., Ковалев С.Г. Плюмовые события на Урале и их связь с субглобальными эпохами

рифтогенеза // Континентальный рифтогенез, сопутствующие процессы. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2013. С. 34–38.

16. Маслов А.В. Седиментационные бассейны рифея западного склона Южного Урала (фации, литолого-фациальные комплексы, палеогеография,

особенности эволюции) // автореф. дис. ... д.-ра геол.-мин. наук. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1997. 54 с.

17. Ковалев С.Г. Позднедокембрийский рифтогенез в истории развития западного склона Южного Урала // Геотектоника. 2008. № 2. С. 68–79.

## REFERENCES

1. Dodin D.A., Chernyshev N.M., Yatskevich B.A. Platinometalnye mestorozhdeniya Rossii [PGM deposits in Russia]. St. Petersburg: Nauka, 2000. 755 p. (In Russian).

2. Distler V.V., Mitrofanov G.L., Nemerov V.K., Kovalenker V.A., Mokhov A.V., Semeykina L.K., Yudovskaya M.A. Formy nakhozhdeniya metallov platinovoy gruppy i ikh genezis v zolotorudnom mestorozhdenii Sukhoy Log (Rossiya) [Forms of the platinum group element occurrence and their origin in the Sukhoi Log gold deposit (Russia)]. Geologiya rud-nykh mestorozhdeniy – Geology of Ore Deposits, 1996. Vol. 38, no. 6, pp. 467–484 (In Russian).

3. Kovalev S.G. Slozhnodislotsirovannye uglerodsoderzhashchie porody zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Intricately dislocated carbonaceous rocks on the western slope of the Southern Urals]. Doklady RAN – Transactions of the Russian Academy of Sciences, 2004. Vol. 396, no. 4, pp. 511–514 (In Russian).

4. Kovalev S.G., Krinov D.I., Michurin S.V. Pervaya nakhodka mineralov urana i toriya v chernoslantsevyykh porodakh Yuzhnogo Urala [The first finding of uranium and thorium minerals in black-shale strata in the Southern Urals]. Doklady RAN – Transactions of the Russian Academy of Sciences, 2010. Vol. 430, no. 6, pp. 797–801 (In Russian).

5. Kovalev S.G., Michurin S.V., Vysotskiy I.V., Kovalev S.S. Geologiya, mineralogiya i metallogenicheskaya spetsializatsiya uglerodsoderzhashchikh tolshch Uluelginsko-Kudashmanovskoy zony (zapadnyy sklon Yuzhnogo Urala) [Geology, mineralogy and metallogenic specialization of carbonaceous strata in the Uluelga-Kudashmanovo zone (the western slope of the Southern Urals)]. Litosfera – Lithosphere, 2013, no. 3, pp. 67–88 (In Russian).

6. Kovalev S.G., Vysotskiy I.V., Puchkov V.N., Maslov A.V., Gareev E. Z. Geokimicheskaya spetsializatsiya

strukturno-veshchestvennykh kompleksov Bashkirskogo megantiklinoriya [Geochemical specialization of structural-material complexes of the Bashkir Meganticlinorium]. Ufa: DizaynPress, 2013. 268 p. (In Russian).

7. Kovalev S.G., Vysotskiy I.V., Fatkullin I.R. Slozhnodislotsirovannye uglerodsoderzhashchie tolshchi zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Intricately dislocated carbonaceous strata of the western slope of the Southern Urals]. Ufa: Bashkir University Publ., 1999. 119 p. (In Russian).

8. Snachev A.V., Snachev V.I., Rykus M.V., Savelyev D.E., Bazhin E.A., Ardislamov F.R. Geologiya, petrogeokhimiya i rudonosnost uglerodistykh otlozheniy Yuzhnogo Urala [Geology, petrogeochemistry and mineralization of carbonaceous deposits in the Southern Urals]. Ufa: DizaynPress, 2012. 208 p. (In Russian).

9. Kovalev S.G., Vysotskiy I.V. Novye dannye po geologii Shatakского комплекса (zapadnyy sklon Yuzhnogo Urala) [New data on geology of the Shatak complex (western slope of the Southern Urals)]. Litologiya i poleznye iskopaemye – Lithology and Mineral Resources, 2008, no. 3, pp. 280–289 (In Russian).

10. Kovalev S.G., Vysotskiy I.V. Novyy tip orudneniya v dokembriyskikh konglomeratakh zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [New type of mineralization in Precambrian conglomerates of the western slope of the Southern Urals]. Doklady RAN – Transactions of the Russian Academy of Sciences, 2004. Vol. 395, no. 4, pp. 503–506 (In Russian).

11. Wedepohl K.H. The composition of the continental crust. Geochimica et Cosmochimica Acta 59, 1995, pp. 1217–1239.

12. McDonough W.F., Sun S.S. Composition of the Earth. Chemical Geology, 1995. vol. 120, pp. 223–253.

13. Barnes S.J., Lightfoot P.C. Formation of magmatic nickel-sulfide ore deposits and affecting their copper and platinum-group element contents. Economic Geology, 2005, 100th Anniversary Volume, pp. 179–213.



14. Puchkov V.N. Geologiya Urala i Priuralya (aktualnye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallo-genii) [Geology of the Urals and the Ural Region (topical issues on stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa, DizajnPoligrafServis, 2010. 280 p. (In Russian).

15. Puchkov V.N., Kovalev S.G. Plyumovye sobytiya na Urale i ikh svyaz s subglobalnymi epokhami riftogeneza [Plume events in the Urals and their relationship with the sub-global epochs rifting]. Kontinentalnyy riftogenez, soputstvuyushchie protsessy [Continental rifting, associated processes]. Irkutsk: IZK SO RAN, 2013, pp. 34–38. (In Russian).

16. Maslov A.V. Sedimentatsionnye basseyny rifeya zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala (fatsii, litologo-fatsialnye komplekсы, paleogeografiya, osobennosti evolyutsii) [Riphean sedimentary basins of the western slope of the Southern Urals (facies, lithofacies complexes, paleogeography, evolution features)]. Doct. sci. thesis in Geology, Ekaterinburg: IGG UrO RAN, 1997. 54 p. (In Russian).

17. Kovalev S.G. Pozdnedokembriyskiy riftogenez v istorii razvitiya zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Late Precambrian rifting in the development history of the western slope of the Southern Urals]. Geotektonika – Geotectonics, 2008, no. 2, pp. 68–79 (In Russian).

