

Sillitoe R.H. Styles of high sulfidation gold, silver and copper mineralization in the porphyry and epithermal environments // *Pacrim '99 Congress Proceedings: Australasian Institute of Mining and Metallurgy*, 1999. P. 29–44.

Simmons S.F., White N.C., John D.A. Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits // *Economic Geology*. 2005. Vol. 100th Anniversary. P. 485–522.

Takahashi R., Matsueda H., Okrugin V.M. Hydrothermal gold mineralization at the Rodnikovoe deposit in South Kamchatka, Russia // *Resource Geology*. 2002. Vol. 52. P. 359–369.

White N.C., Hedenquist J.W. Epithermal gold deposits: styles, characteristics and exploration // *SEG Newsletter*. 1995. Vol. 23. P. 9–13.

Yuningsih E.T., Matsueda H., Rosana M.F. Diagnostic genesis features of Au-Ag selenide-telluride mineralization of Western Java deposits // *Indonesian Journal on Geoscience*. 2016. Vol. 3. No.1. P. 67–76.

Ю.М. Телегин¹, Н.Д. Толстых²

¹ – ООО Проспектор, г. Екатеринбург, Россия
yuritelegin@mail.ru

² – Институт геологии и минералогии
им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Особенности локализации аномальных концентраций платины в пироксенит-дунитовых интрузиях Среднего Урала

Yu.M. Telegin¹, N.D. Tolstykh²

¹ – Prospector Company, Yekaterinburg, Russia

² – Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

Peculiarities of occurrence of anomalous Pt content of pyroxenite-dunite intrusions of Central Urals

Abstract. The anomalous Pt content of pyroxenite-dunite intrusions of Central Urals is due to the complex fault zones filled with later dikes. The origin of anomalous Pt content is a result of post-magmatic tectonic activation, which was responsible for the remobilization of primary magmatic platinum and its following precipitation in structural traps.

Зона Главного Уральского разлома – уникальная тектоническая структура на границе Русской платформы и уральских структур. Типоморфным для нее является пояс пироксенит-дунитовых интрузий, с которым связаны крупнейшие в мире россыпи платины, отрабатываемые с 1824 г. Общепринятыми являются представления, что источниками платины в уральских россыпях являются дунитовые ядра пироксенит-дунитовых интрузий. Большинство исследователей признают два основных типа платиновой минерализации: хромититовый и дунитовый. Известны многочисленные мелкие проявления обоих типов, которые даже эксплуатировались (Госшахта, Авроринское), но до сих пор не выявлены коренные месторождения платины, сопоставимые с россыпями по платиновому потенциалу.

Крупнейшим россыпным платиновым районом Урала является Исовско-Туринский, в пределах которого из россыпей добыто не менее 200 т платины. Коренными источниками этих россыпей являются Светлоборская и Вересовоборская пироксенит-дунитовые интрузии. Именно здесь, в 2000-е гг. активизировались поиски коренных месторождений платины. В результате этих работ наметился определенный прогресс. Данная работа рассматривает

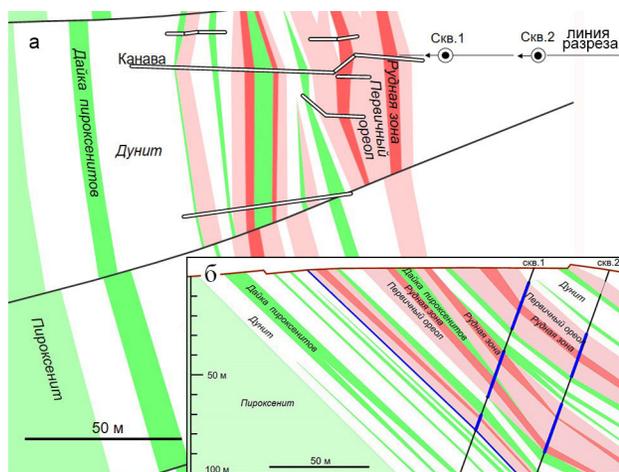


Рис. 1. Платиноносная зона рудопроявления Высоцкого: а – план; б – разрез.

одно из направлений этой большой тематики – новые рудопроявления платины Светлоборской пироксенит-дунитовой интрузии.

Новое рудопоявление платины (рудопоявление Высоцкого) характеризует главные особенности платиновой минерализации в дунитах. Рудопоявление расположено в южной части дунитового ядра Светлоборской интрузии, в юго-западной эндоконтактной зоне дунитов на контакте с пироксенитами. Рудопоявление представляет собой тектоническую зону с многочисленными дайками пироксенитов и иситов, участками трещиноватости дунитов и интенсивными метасоматитами. По меридиональному простиранию и восточному падению (35° – 40°) зона конформна контакту дунитов и пироксенитов. Ширина зоны – до 170 м, протяженность – до 1.5 км. В пределах зоны развиты многочисленные жилы мощностью до 3 м и прожилки черного тонкозернистого антигорита (рис. 1). На микроуровне также наблюдается сеть прожилков антигорита, содержащего тончайшую вкрапленность магнетита (рис. 2а). Дайки пироксенитов и иситов интенсивно изменены, вторичные минералы представлены хлоритом, флогопитом, тонкозернистым агрегатом тремолита-талька-карбоната. Те же минералы развиты и во вмещающих дунитах: по трещинам и в цементе брекчий.

Платина в пределах зоны образует первичный ореол с содержаниями более 0.1 г/т шириной до 170 м и протяженностью до 1.3 км. В пределах платиноносной зоны наблюдаются интервалы до 10 м мощности более высоких концентраций Pt до 22.5 г/т (среднее 1.8 г/т) при бортовом содержании 0.3 г/т. Ожидается, что данная зона может обрабатываться открытым способом. Предусматривается гравитационное обогащение руды. Перспективы развития рудопоявления Высоцкого весьма высоки.

Таким образом, геологические наблюдения свидетельствуют о том, что характер платиновой минерализации определяется интенсивностью тектонической проработки дунитов. Расшифровать геологическую историю позволило детальное изучение минералогии ассоциаций платиноидов из минерализованных зон рудопоявления [Толстых и др., 2009].

В пределах платиноносной зоны рудопоявления обнаружены как магматические, так и более поздние часто неравновесные парагенезисы, наложенные на первичные руды. Магматические парагенезисы представлены сплавами Pt-Fe, иногда с включениями Os-Ir-Ru сплавов (изоферроплатино-осмиевый парагенезис) в ассоциации с сульфидами Ru и Os – лауритом и эрликманитом. В составе более поздних (постмагматических) ассоциаций выявлены разнообразные минералы: тетраферроплатина, туламинит, сперрилит, холлингвортит-ирар-

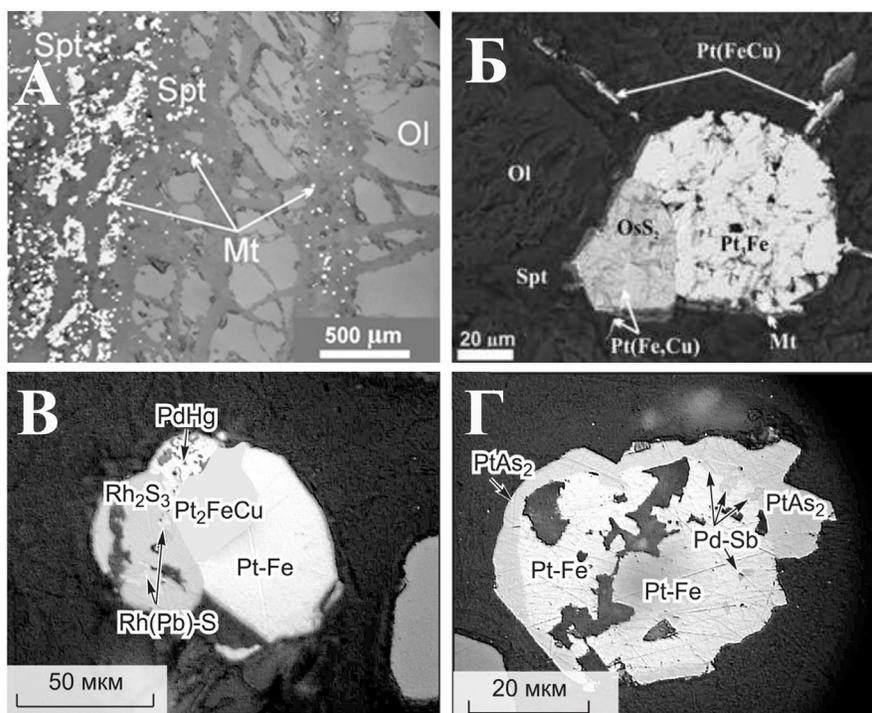


Рис. 2. Минералогия рудопроявления Высоцкого: а – микробрекчия дунита с антигоритовыми прожилками и тонкой вкрапленностью магнетита; б – сросток изоферроплатины Pt_3Fe с эрликманитом OsS_2 , обрамленный магнетитом Mt с тетраферроплатиной-туламинитом $P(Fe,Cu)$, развитой по тонким трещинам; в – срастание платины $Pt-Fe$, туламинита Pt_2CuFe , бауита Rh_2S_3 , потарита $PdHg$ и вторичной Pb -содержащей фазы, включенной в бауит; г – обрастание платины сперрилитом $PtAs_2$ и выделения стибнопалладинита $Pd-Sb$.

сит, бауит, потарит, стибнопалладинит и др. (рис. 2б-г). Наложенная минерализация связана с постмагматическими флюидами, содержащими Fe , Cu , S , As , Sb , Te , Bi и Hg .

Учитывая расположение рудных тел вдоль зон интенсивной трещиноватости и локализации поздних даек, можно предположить, что значительный вклад в формирование платиновых зон внесли долгоживущие постмагматические процессы, в результате которых дополнительное количество элементов, реагирующих с платиноидами, было привнесено в рудную зону.

Хромититовый и дунитовый типы платиновой минерализации отличаются по своему генезису. Хромититовый тип (эпигенетический, пневматолитово-гидротермальный [Пушкарёв и др., 2017]), пространственно связан с постмагматическими хромитовыми шширами, которые образуют участки, значительно более обогащенные платиной по сравнению с дунитовым типом. Их масштабы ограничены в пределах интрузий, поэтому перспективы связаны именно с «дунитовой» платиной, которая, тем не менее, распределена крайне неравномерно: присутствуют дуниты как безрудные или с рядовыми концентрациями Pt , так и обогащенные платиной дуниты. Поэтому важным является выявление критериев этого обогащения. В связи с этим исследователей волнуют три основных генетических вопроса: 1) каков источник платины и сопутствующих элементов платиновой группы для формирования зон обогащения в дунитах: поздние остаточные магматогенные флюидонасыщенные расплавы или внешние флюиды, связанные с площадным метасоматозом, которые ремобилизуют и перераспределяют ранее отложенную магматическую платину; 2) структурный контроль платиноносных зон, контролируемых дайковыми сериями и метасоматическими зонами, в процессе форми-

рования которых вторичные фазы минералы платиновой группы отлагаются вблизи разломов и даек; 3) породный контроль: зернистость дунитов, определяемая их перекристаллизацией, способствующей ремобилизации платиновых металлов в определенных разностях дунитов или на их контактах [Степанов и др., 2017].

Геологические и минералогические исследования Светлоборского массива [Толстых и др., 2009; Телегин и др., 2009] позволяют выдвинуть предположение, что ослабленные структуры заложены после частичной консолидации интрузии, сохраняющей в глубинных частях остаточные флюидонасыщенные расплавы, обогащенные летучими компонентами и кластерами платиновых металлов с частично закристаллизованными фазами (осмий). Эти расплавы мигрировали по ослабленным зонам, отлагая магматические парагенезисы. Эволюция этих расплавов происходила с увеличением количества реакционных флюидов, которые впоследствии использовали те же ослабленные долгоживущие структуры для наложения на первичную минерализацию и перераспределения первичных фаз на месте становления. Важным является время заложения ослабленных зон и разломов: не после полного затвердевания интрузии, а до консолидации остаточных расплавов.

Таким образом, результаты минералогических исследований, впервые проведенных для платины Светлоборского массива, верифицируют геологические наблюдения, сделанные при изучении новых рудопроявлений платины, и позволяют говорить о больших перспективах выявления подобных рудопроявлений в уральских пироксенит-дунитовых интрузиях с использованием полученных критериев. Такими обогащенными участками аномальных концентраций платины как раз и являются выявленные минерализованные зоны, связанные с проявлениями трещинной тектоники и даек, которые имеют универсальные геологические особенности. Наиболее перспективны широкие, протяженные зоны с большим объемом руды и выраженным геологическим контролем.

Практические следствия полученных результатов очевидны. Геологоразведочные работы должны быть направлены на выявление масштабных выраженных тектонически минерализованных зон. Главные поисковые методы – это геолого-геохимические работы и минералогические исследования.

Работы выполнены при поддержке фонда ООО Проспектор и в рамках государственного задания ИГМ СО РАН, финансируемого Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

Литература

Пушкарев Е.В., Баллхауз К., Каменецкий В.С., Вирт Р. Онтогенез рудных хромшпинелидов и минералов платиновой группы как индикатор пневматолито-гидротермального образования платиноносных хромитов в дунит-клинопироксенит-габбровых комплексах Урало-Аляскинского типа // Основные проблемы в учении об эндогенных рудных месторождениях: новые горизонты. Мат. Всерос. конф., посвящ. 120-летию со дня рождения акад. А.Г. Бетехтина. М.: ИГЕМ РАН, 2017. С. 322–326.

Степанов С.Ю., Малич К.Н., Козлов А.В. и др. Платиноидная минерализация Светлоборского и Вересовоборского клинопироксенит-дунитовых массивов Среднего Урала // Геология рудных месторождений. 2017. Т. 59. С. 238–250.

Телегин Ю.М., Телегина Т.В., Толстых Н.Д. Геологические особенности рудопроявлений платины Светлоборского и Каменушинского массивов Платиноносного пояса Урала // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения. Мат. III междунар. конф. Т. 2. Екатеринбург, 2009. С. 212–215.

Толстых Н.Д., Телегин Ю.М., Чубаров В.М. Платиновая минерализация Светлоборского и Каменушинского массивов платиноносного пояса Урала // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения. Мат. III междунар. конф. Т. 2. Екатеринбург, 2009. С. 216–219.