

УДК [553.41:553.491:553.541]:550.84(571.6)

ПЕРВЫЕ НАХОДКИ ВИДИМЫХ ПЛАТИНОИДОВ В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩАХ БУРЕЙНСКОГО МАССИВА (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ И ЕВРЕЙСКАЯ АО)

© 2009 г. Академик А. И. Ханчук, Н. В. Бердников, А. А. Черепанов,
Н. С. Коновалова, Д. В. Авдеев

Поступило 16.09.2008 г.

Проблема платинометалльного потенциала черносланцевых толщ в последнее время интенсивно обсуждается геологами [1–5], поскольку высокоуглеродистые горные породы различного происхождения являются наиболее вероятным нетрадиционным природным источником золота и платиноидов в будущем. В пределах Буреинского массива черные сланцы с высоким содержанием углерода широко распространены. Единичные химические анализы показали повышенное содержание в них платиноидов от $0.0n$ до n г/т [6]. Однако формы присутствия платиноидов в породах не изучены, что затрудняет оценку параметров извлекаемости полезных компонентов и разработку технологий их выделения. В связи с этим основной целью данной работы является изучение состава, морфологии и размерности выделений платиноидов в этих породах.

Нами методом сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным детектором (СЭМ-ЭДА) впервые обнаружены и изучены платиноиды в черных сланцах сутырской и кимканской толщ на востоке Буреинского массива. Толщи входят в состав Хинганской серии верхнерифейско-нижнекембрийского возраста, подвержены метаморфизму зеленосланцевой фации, имеют единый структурный план и повышенное содержание углерода.

Сутырская толща (PR_{1st}) слагает протяженный (75 × 5 км) тектонический блок в зоне Хинганского глубинного разлома. В ее составе преобладают углеродистые сланцы, филлиты, металевролиты с содержанием $C_{орг}$ 1–22%. Сланцы в различной степени сульфидизированы, иногда со-

держат сеть тонких кварцевых прожилков. Сульфиды (пирит, в меньшей мере пирротин, халькопирит, арсенопирит, ковелин, марказит) образуют мелкую (до 1 мм) вкрапленность, иногда прожилки и линзочки размером до 0.5–2 см. Углеродистый материал представлен тонкодисперсным аморфным агрегатом и тонкими чешуйками графита (0.001–0.03 мм). Полуколичественным спектральным анализом в породах толщи диагностировалось золото (до 0.1 г/т), платина (до 0.04 г/т) и палладий (до 0.01 г/т).

Кимканская толща (С₁ km) по литологическим признакам подразделена на две подтолщи: нижнюю – кремнисто-терригенную и верхнюю – терригенную. Нижняя подтолща (С₁ km₁) представлена глинистыми и кремнисто-глинистыми, часто углеродистыми сланцами, фтанитами, алевролитами, песчаниками, известняками, доломитами, яшмовидными кремнистыми породами, гематитовыми и магнетит-гематитовыми рудами, риолитами мощностью 900–1070 м. Верхняя подтолща (С₁ km₂) сложена песчаниками, алевролитами, глинистыми сланцами с прослоями фтанитов, известняков, туфов, риолитов и базальтов общей мощностью 800–900 м. Содержание углеродистого вещества, местами за счет контактового метаморфизма переходящего в графит, достигает 3–9, реже 12–25%. В углеродистых разностях часто содержится рассеянная сульфидная (пирит, пирротин) минерализация.

В сутырской толще платиноиды изучены в образцах тонкозернистых углеродсодержащих сульфидизированных кварц-серицитовых сланцев, отобранных на левом берегу р. Сутырь (рис. 1, точка 1) и характерных для состава толщи на всем ее протяжении. В нижней подтолще кимканской толщи анализу подверглись черные сланцы, магнетит-гематитовые углеродсодержащие сланцы, руды Кимканского месторождения и продукты их изменения (желтые охры), а также доломиты (рис. 1, точка 2). В сланцах и рудах обнаружены

*Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного отделения
Российской Академии наук, Владивосток
Институт тектоники и геофизики
им. Ю.А. Косыгина
Дальневосточного отделения
Российской Академии наук, Хабаровск*

платина и осмистый иридий, в доломитах – только осмистый иридий.

Платиноиды в этих породах имеют следующие основные формы выделения – тонкодисперсную (рис. 2а), пластинки и проволоочки (рис. 2б), кристаллическую (рис. 2в, д) и субкристаллическую (рис. 2г). Первые три характерны для платины, кристаллы – для платины и осмистого иридия, субкристаллы – для соединений платины с палладием. Тонкодисперсные (<100 нм) выделения платины образуют агрегаты, в состав которых кроме Pt (16.6–28.5*) входят Ag (до 6.6), Cu (27.6–36.8), Ni (4.0–4.9), Ti (до 3.3), Si (9.5–10.3), O (18.2–24.0) и C (2.1–4.0). Пластинки, зачастую агломерированные по 3–5 штук, состоят из Pt (57.1–84.2), Cu (до 1), O (4.6–6.2) и C (10.9–36.6). Наиболее богаты платиной проволоочки (91.6–92.9), в их составе диагностируется устойчивая примесь Au (3.9–5.2) и C (3.2). Нередко платина образует полые (футляровидные) и цельные кубические кристаллы. Первые обычно единичны, в их составе зафиксированы Pt (58.8–82.3), Fe (до 1.3), Ti (до 6.9), Ca (до 2), Si (до 2), O (5.5–17.2) и C (7.5–25). Цельные кристаллы платины, как правило, образуют слевидные агрегаты (“щетки”) и состоят из Pt (66.6–75.7), Fe (до 2), O (8.7–17.3) и C (13.7–15.8). Присутствие в химическом составе микрокристаллических агрегатов платины кислорода и углерода свидетельствует о формах переноса Pt в виде карбоксильных и карбонильных комплексов [7]. Достаточно высокое содержание кислорода отражает окисленное состояние рудоносного флюида, что благоприятствовало кристаллизации самородной платины.

Палладий диагностирован в сложном субкристаллическом или аморфном соединении состава: Pt (8.2), Sn (35.6), Pd (1.3), Cu (1.2), Fe (1.1), Ti (1.3), Si (2.7), O (48.6). Выделения осмистого иридия часто приурочены к краям микропустот, образовавшихся после выщелачивания сульфидов, и находятся в непосредственном сростании с кварцем и рутилом. Энергодисперсионный анализ фиксирует в нем Ir (34.3–43.5), Os (15.4–23.1), O (23–35.6), C (2.7–7.4), а также примесь редкоземельных элементов Yb (до 2.1), Dy (до 3.2), Gd (до 2.4), редко Rb (до 2.2), Co (до 1.3), Ti (до 1.4), Si (до 2.1).

Для анализа содержания платиноидов черные сланцы были подвергнуты химическому растворению с помощью многократной последовательной обработки царской водкой, HF и HCl как после обжига (3 ч при 700°C), так и без него. Полученный раствор анализировали методом ICP-MS с предварительным концентрированием путем соосаждения с теллуrom, осадок после растворения повторно изучали методом СЭМ-ЭДА, а после сплавления с Na₂O₂ и выщелачивания снова

* Здесь и далее концентрации элементов приведены в мас. %.



Рис. 1. Места отбора образцов для изучения платиноидов (звездочки) в породах: 1 – сутырской и 2 – кимканской толщи.

анализировали на драгметаллы (табл. 1). По результатам анализов платина в кислотном растворе не обнаружена, а палладий примерно наполовину переходит в раствор независимо от процедуры обжига. Анализ осадка по методу СЭМ-ЭДА показал, что он в основном состоит из зерен рути-

Таблица 1. Результаты анализа содержания платиноидов в черных сланцах

	Rh, мг/т	Pd, мг/т	Pt, мг/т	Au, мг/т
С обжигом				
Раствор	–	11.4	–	170.6
Осадок	1.5	11.1	9.3	167.3
Суммарная концентрация	1.5	22.5	9.3	337.9
Без обжига				
Раствор	4.0	13.8	–	44.9
Осадок	0.2	16.5	7	280.0
Суммарная концентрация	4.2	30.3	7	324.9

Примечание. Данные, усредненные по двум параллельным пробам.

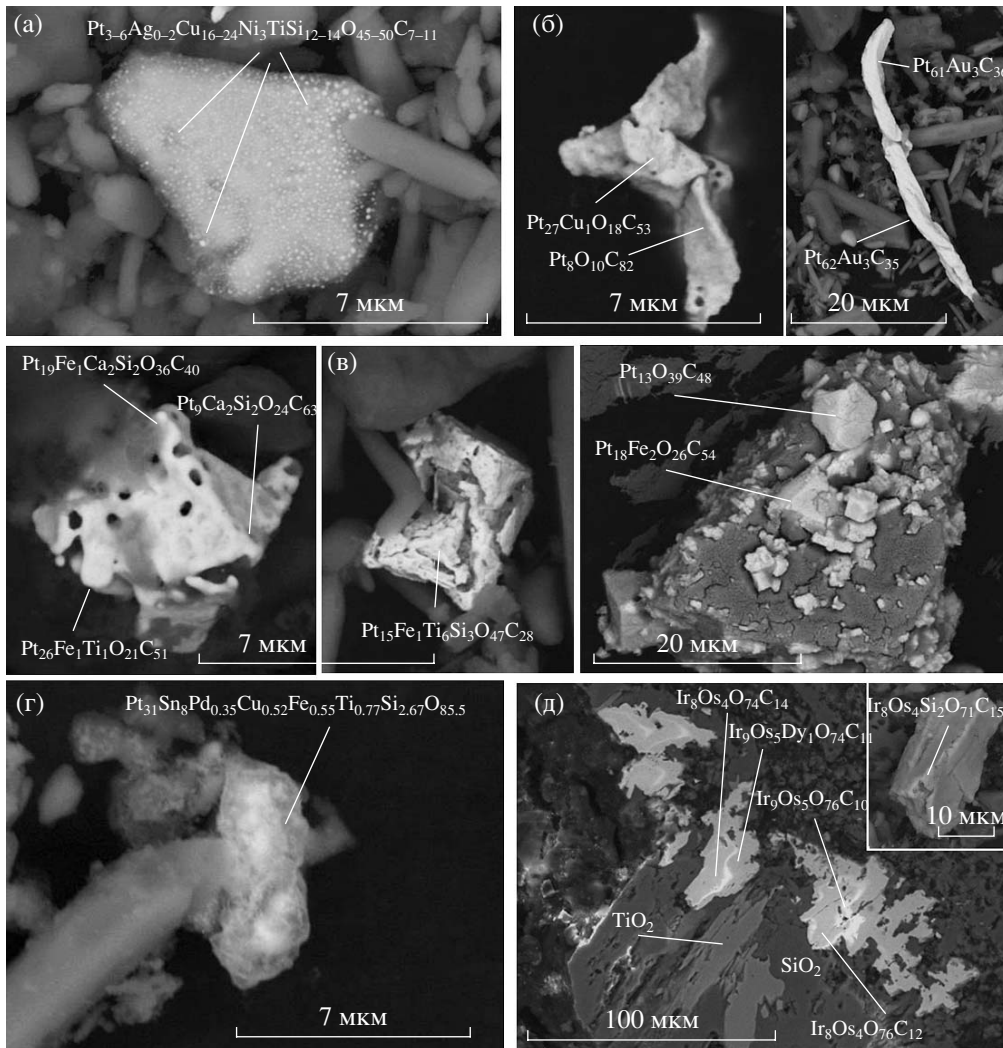


Рис. 2. Включения платиноидов в черных сланцах Буреинского массива (а–г – кимканская толща, после кислотного растворения; д – сугырская толща, аншлиф): а – агрегат тонкодисперсных выделений; б – пластинки и проволочки; в – футляровидные кристаллы и щетки; г – субкристаллическое (аморфное?) выделение; д – осмистый иридий в породной матрице.

ла, циркона, осмистого иридия и платины. Обильные выделения осмистого иридия оказались наиболее устойчивыми к кислотному растворению (см. врезку к рис. 2д). Его зерна в большом количестве зафиксированы даже после сплавления осадка с Na_2O_2 и выщелачивания.

Таким образом, черносланцевые толщи Буреинского массива содержат видимые платиноиды в разных формах выделения. По нашему мнению, наиболее ранней формой выделения платины в них являются тонкодисперсные агломераты, содержащие в своем составе большое количество других элементов. Последующая перекристаллизация и, возможно, переотложение ведут к частичному очищению платины от примесей и формированию пластинчатых и кристаллических форм. Иридий и осмий концентрируются в осми-

стом иридии, особенностью которого является высокое содержание кислорода и углерода.

Методами химического анализа, предполагающими кислотное растворение проб, платина, иридий и осмий в изученных породах практически не фиксируются. Такие особенности черных сланцев, по-видимому, связаны с наличием в них углерода, который “бронирует” выделения благородных металлов, защищая их от кислотного растворения. Кроме того, углерод и/или его окисленные формы, как показывает анализ СЭМ-ЭДА, всегда присутствуют в составе изученных выделений платиноидов, также значительно повышая их устойчивость. В этом случае в начале процесса кислотного растворения платиноиды из поверхностного слоя выделений вымываются, а нерастворимые углеродистые соединения обра-

зуют на их поверхности защитную корку, которая ингибирует процесс дальнейшего растворения.

Наши исследования показали, что черные сланцы сутырской и кимканской толщ содержат платиноиды в основном в самородной форме. Размер включений благородных металлов составляет единицы–десятки микрон, однако количество их в породе значительно, что в совокупности с самородным характером полезных компонентов создает определенные перспективы практического использования этих пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ханчук А.И., Плюснина Л.П., Молчанов В.П., Медведев Е.И. // Тихоокеан. геология. 2007. Т. 26. № 1. С. 70–81.
2. Ханчук А.И., Молчанов В.П., Медведев Е.И., Плюснина Л.П. В кн.: Наногеохимия золота. Труды симпозиума. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 31–35.
3. Волохин Ю.Г., Карабцов А.А. В кн.: Наногеохимия золота. Труды симпозиума. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 122–129.
4. Дистлер В.В., Митрофанов Г.Л., Немеров В.К. и др. // Геология руд. месторождений. 1996. Т. 38. № 6. С. 467–484.
5. Развозжаева Э.А., Спиридонов А.М., Цыханский В.Д. и др. // Геология и геофизика. 2002. Т. 43. № 3. С. 286–296.
6. Гурская Л.И. Платинометальное оруднение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 208 с.
7. Варшалл Г.М., Велюханова Т.К., Корочанцев А.В. // Геохимия. 1995. № 8. С. 1191–1199.