

Тонкодисперсные золото и платиноиды в графитовых сланцах Буреинского массива – новый тип благороднометалльного оруденения на Дальнем Востоке России

Н. В. Бердников¹

Получено 30 сентября 2010; опубликовано 20 октября 2010.

Методом сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным рентгеновским микроанализом в графитсодержащих сланцах Буреинского массива (Дальний Восток России) обнаружены микро- и наноразмерные формы выделения платиноидов, что обуславливает возможную перспективность этих пород как нетрадиционного природного источника металлов платиновой группы. Представляется, что графитсодержащие сланцы являются носителем нового типа благороднометалльного оруденения, в настоящее время недостаточно изученного и не вовлеченного в промышленное освоение. **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** платиноиды, благороднометалльная минерализация, Буреинский массив, оруденение.

Ссылка: Бердников, Н. В. (2010), Тонкодисперсные золото и платиноиды в графитовых сланцах Буреинского массива – новый тип благороднометалльного оруденения на Дальнем Востоке России, *Вестник ОНЗ РАН*, 2, NZ10004, doi:10.2205/2010NZ000051.

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к благороднометалльной минерализации в высокоуглеродистых породах. Их высокая перспективность в качестве источника золота и платиноидов подкрепляется двумя факторами: широкой распространенностью черносланцевых толщ во многих регионах мира и отдельными аналитическими данными о высоких содержаниях в них платиноидов.

Среди высокоуглеродистых пород выделяются так называемые “черные сланцы”, к которым относятся терригенные породы, формировавшиеся в различных обстановках седиментогенеза, объединенные повышенным содержанием углеродистого вещества углистой, битумной или графитовой субстанции. На Дальнем Востоке обстановки отложения черных сланцев изучены достаточно хорошо, все они приурочены к границам континент–океан [Ханчук, 2006а, 2006б]. Это рифей-палеозойские отложения чехла Сибирского кратона с повышенными содержаниями платиноидов [Черепанов, 2008], палеозой-нижнемезозойские отложения Южно-Верхоянской пассивной окраины кратона и турбидиты континентального склона. Черные сланцы широко распространены в составе турбидитового матрикса мезозойских и кайнозойских террейнов аккреционных призм

Сихоте-Алиня, Монголо-Охотии, Северо-Востока России, Камчатки и Сахалине, образовавшихся в ходе субдукции. Характерны они для террейнов турбидитовых бассейнов, формировавшихся в периоды скольжения океанической плиты вдоль континента.

На Буреинском массиве (Верхнебуреинский район Хабаровского края, ЕАО) распространены рифей-кембрийские черные сланцы, которые отличаются аномально высоким содержанием углерода – до 20% и более. Местами они представляют собой месторождения графита. Условия седиментогенеза графитовых сланцев изучены недостаточно, но, учитывая их ассоциацию с кремнистыми сланцами, железо-марганцевыми образованиями, можно предполагать, что это составные части аккреционной призмы, которые первоначально отлагались на внешней (океанической) стороне глубоководного желоба, где поток терригенного материала ослабевал, и создавались условия для отложения органики.

Наши исследования графитсодержащих сланцев Буреинского массива показали их перспективность как нетрадиционного источника благородных металлов и особенно металлов платиновой группы. Представляется, что указанные породы являются носителем нового типа благороднометалльного оруденения, в настоящее время недостаточно изученного и не вовлеченного в промышленное освоение. Особый интерес представляют данные о формах выделения благородных металлов в графитсодержащих породах. Отсутствие этих сведений делает практически невозможной оценку параметров извлекаемости по-

¹Институт тектоники и геофизики, Хабаровск, Россия

лезных компонентов и разработку технологий их выделения. В связи с этим основной целью наших исследований является изучение состава, морфологии и размерности выделений платиноидов в графитсодержащих породах [Ханчук и др., 2009a].

Поиск и изучение выделений благородных металлов в графитсодержащих породах произведены нами с помощью растровой электронной микроскопии на примере черных сланцев сутырской и кимканской толщ на востоке Буреинского массива [Ханчук и др., 2009b]. Толщи входят в состав Хинганской серии верхнерифейско-нижнекембрийского возраста, подвержены метаморфизму зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фации, имеют единый структурный план и повышенное содержание углерода.

Сутырская толща слагает протяженный (75 × 5 км) тектонический блок в зоне Хинганского глубинного разлома. В ее составе преобладают углеродистые сланцы, филлиты, металавралиты с содержанием С 1–22%. Сланцы в различной степени сульфидизированы, иногда содержат 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 0,5 – 2 см. Углеродистый материал представлен тонкодисперсным аморфным агрегатом и тонкими чешуйками графита (0,001–0,03 мм).

Кимканская толща по литологическим признакам подразделена на две подтолщи: нижнюю – кремнисто-терригенную и верхнюю – терригенную. Нижняя подтолща представлена глинистыми и кремнисто-глинистыми, часто углеродистыми сланцами, фтанидами, алевралитами, песчаниками, известняками, доломитами, яшмовидными кремнистыми породами, гематитовыми и магнетит-гематитовыми рудами, риолитами мощностью 900–1070 м. Верхняя подтолща сложена песчаниками, алевралитами, глинистыми сланцами с прослоями фтанидов, 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 обнаружены и изучены в образцах тонкозернистых графитсодержащих частично сульфидизированных кварц-серицитовых сланцев, отобранных на левом берегу р. Сутырь и характерных для состава толщи на всем ее протяжении. В нижней подтолще кимканской толщи анализу подверглись графитсодержащие сланцы, магнетит-гематитовые графитистые сланцы, руды Кимканского месторождения и продукты их изменения (желтые охры), а также доломиты. В сланцах и рудах обнаружены платина и осмистый иридий, в доломитах – только осмистый иридий.

Платиноиды в этих породах имеют следующие основные формы выделения (Рис. 1): тонкодисперсную (а), пластинки (б) и проволоочки (в), кристаллическую (г, д, ж) и субкристаллическую (е). Первые три характерны для платины, кристаллы – для платины и осми-

стого иридия, субкристаллы – для соединений платины с палладием.

Тонкодисперсные (< 100 нм) выделения платины образуют агрегаты, в состав которых кроме Pt (16,6–28,5) (здесь и далее концентрации элементов приведены в мас. %) 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 шт., 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 слоевидные агрегаты (“щетки”) и состоят из Pt (66,6–75,7), Fe (до 2), O (8,7–17,3) и C (13,7–15,8).

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. РЭМ-РСМА 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).

Таким образом, графитсодержащие породы Буреинского массива содержат платиноиды в микро- и наноразмерных формах выделения. По нашему мнению, наиболее ранней формой выделения платины в них являются аморфные выделения и 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 осмистом иридии.

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 РЭМ-РСМ анализ, всегда присутствуют в составе изученных выделений платиноидов, также значительно повышая их устойчивость.

Состав нано- и микровключений в целом может быть описан формулой $(Au, МПГ)_a(C)_b(O)_c$, где a , b и c варьируют в широких пределах. Наличие углерода и кислорода принципиально отличает эти микровключения от традиционных (самородных) форм выделения золота и платиноидов, обуславливает их исключительную устойчивость к внешним воздействиям (обжиг, окисление, кислотное разложение), что создает трудности в анализе валового содержания обычными методами и создании технологий обогащения и переработки таких руд. Кроме то-

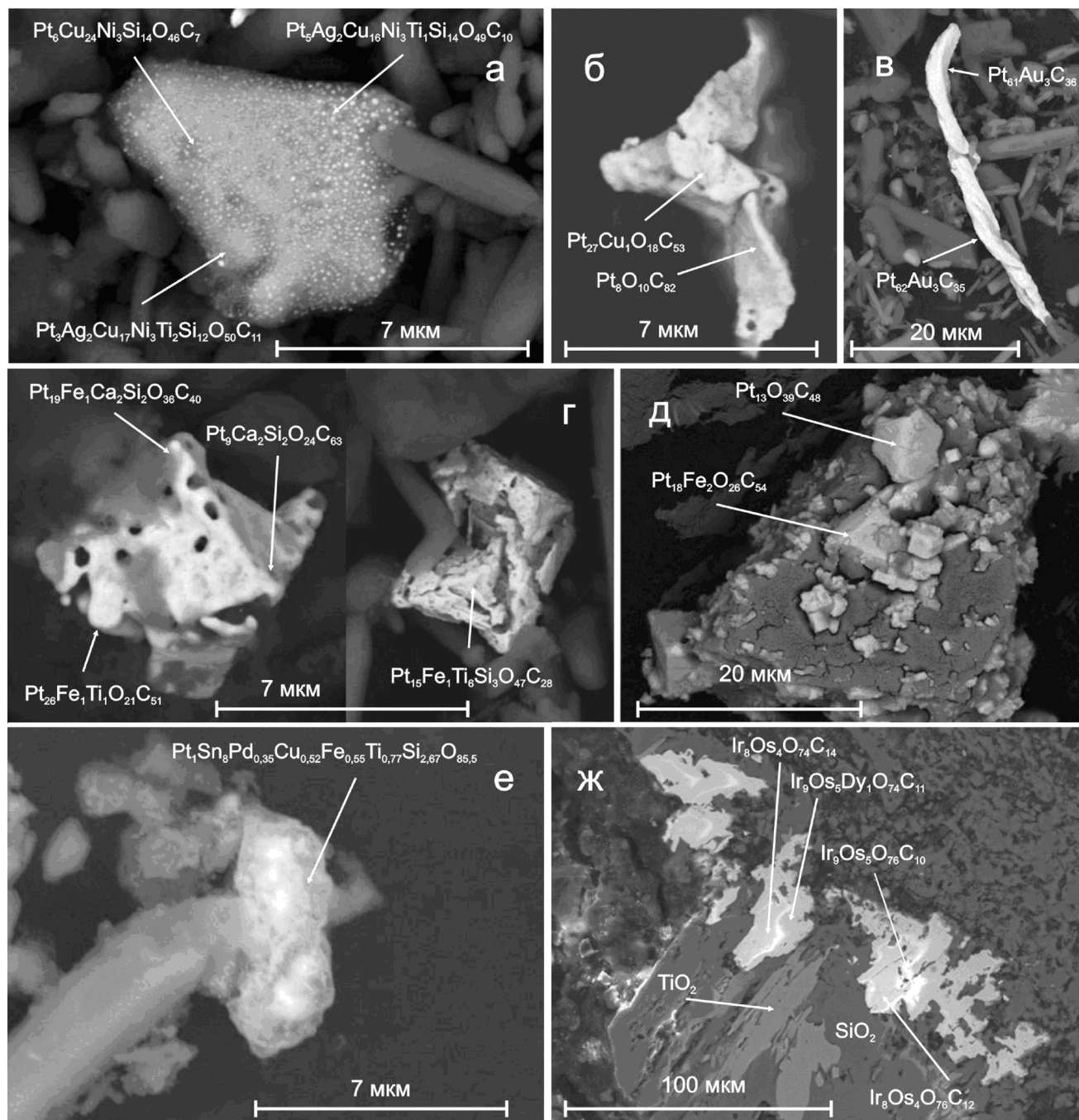


Рис. 1. Включения платиноидов в графитсодержащих сланцах Буреинского массива по [Ханчук и др., 2009b] с изменениями (а–г – кимканская толща, после кислотного растворения; д – сутырская толща, аншлиф): а – агрегат тонкодисперсных включений; б – пластинки; в – проволочки; г – фульгаровидные кристаллы; д – щетки; е – субкристаллическое (аморфное?) выделение; ж – осмистый иридий в породной матрице.

го, анализ имеющихся данных позволяет говорить о возможности присутствия значительного количества благородных металлов (особенно платины) в составе графита и других углеродистых минералов породы на атомарном или молекулярном уровне (вхождение в кластеры и др.) [Матвиенко и др., 2004].

Литература

Матвиенко, В. Н., Ю. Д. Калашников, В. А. Нарсеев (2004), Кластеры – протоформа нахождения драгметаллов в рудах и минерализованных породах, *Руды и металлы*, 28–36.

- Ханчук, А. И., (редактор) (2006a), *Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России, Кн. 1*, 572 pp. Дальнаука, Владивосток.
- Ханчук, А. И., (редактор) (2006b), *Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России, Кн. 2*, 981 pp. Дальнаука, Владивосток.
- Ханчук, А. И., Н. В. Бердников, А. А. Черепанов, Н. С. Коновалова (2009a), Тонкодисперсные золото и платиноиды в графитовых сланцах Буреинского массива Ц новый тип благороднометалльного оруднения на Дальнем Востоке России, *Горный информационно-аналитический бюллетень, вып. 5*, 9–18, МГУ, Москва.
- Ханчук, А. И., Н. В. Бердников, А. А. Черепанов, Н. С. Коновалова, Д. В. Авдеев (2009b), Первые находки видимых платиноидов в черносланцевых толщах Буреинского массива (Хабаровский край и Еврейская АО), *Докл. АН*, 424(5), 672–675.
- Черепанов, А. А. (2008), Платиноносность черносланцевых пород Хабаровского края, *Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли: материалы Всероссий. литологического совещ., (Екатеринбург, 14–16 окт. 2008 г.) Т. 2*, 384–387, УрО РАН, Екатеринбург.
-
- Н. В. Бердников, Институт тектоники и геофизики им. Ю. А. Косыгина ДВО РАН, 680000, Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, д. 65. (nick@itig.as.khb.ru)