

3. Баянова Т.Б., Митрофанов Ф.П., Егоров Д.Г. U-Pb датирование дайкового комплекса Кировогорского железорудного месторождения (Оленегорск, Кольский п-ов) // Докл. АН. 1998. Т. 360. № 5. С. 673-676.
4. Бибилова Е.В. U-Pb геохронология ранних этапов развития древних щитов. М.: Наука, 1989. 180 с.
5. Голиков Н.Н., Горяинов П.М., Иванюк Г.Ю. и др. Золотоносность железистых кварцитов Оленегорского месторождения (Кольский п-ов, Россия) // Геология рудных месторождений. 1999. Т. 41. № 2. С. 162-170.
6. Жиров К.К., Шестаков К.И., Рюнгенен Г.И. и др. Радиологическое определение возраста катархейских образований Кольского п-ова // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1979. № 9. С. 3-23.
7. Иванюк Г.Ю., Горяинов П.М., Пахомовский Я.А. и др. Самоорганизация рудных комплексов. Синергетические принципы прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых. М.: Изд-во Геокарт-Геос, 2009. 392 с.
8. Иванюк Г.Ю., Яковенчук В.Н., Пахомовский Я.А. и др. Иттриевая минерализация в породах полосчатой железорудной формации Оленегорского района (Кольский п-ов) // Прикладная геохимия. Т. 1. Минералогия и геохимия. М.: Изд-во ИМГРЭ, 2005. С. 78-86.

Pd₂Tl и Pd₃Tl – НОВЫЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДЫ В ФЁДОРОВО-ПАНСКОМ РАССЛОЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Грошев Н.Ю., Волошин А.В., Субботин В.В., Савченко Е.Э.

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, nikolaygroshv@gmail.com

Введение. Вследствие того, что Tl является крайне рассеянным элементом в ультраосновных и основных породах, минералы Pd-Tl в платиноносных расслоенных интрузивах долгое время не обнаруживались. Первые упоминания о минеральных фазах Pd-Tl приводятся в минералогической характеристике критической зоны комплекса Бушвелд в ЮАР [1]. Впоследствии близкие по стехиометрии к Pd₃Tl интерметаллы найдены в месторождениях Ветлегс (Дулут, США) и Сэндслут (Плэтриф, Сев. Бушвелд) [2], а также в малосульфидных рудах Мончетундровского массива (Кольский п-ов) [3]. Присутствие Tl минерализации в этих месторождениях вызывает интерес, поскольку он обычно накапливается в эпитермальных Au-Ag месторождениях вместе с Au, Ag, As и Sb [4]. Природные соединения Pd и Tl редки и немногочис-

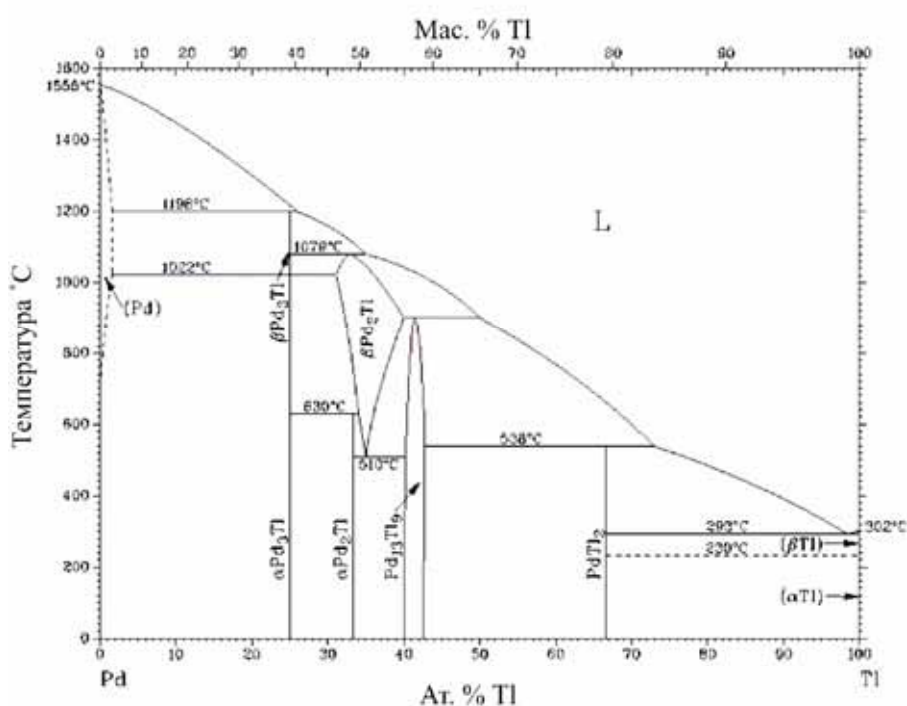


Рис. 1. Фазовая диаграмма системы Pd-Tl [5].

ленны, в то же время в бинарной системе Pd-Tl [5] известны 6 синтетических фаз: α -Pd₃Tl, β -Pd₃Tl, α -Pd₂Tl, β -Pd₂Tl, Pd₁₃Tl₉, PdTl₂ (рис. 1), некоторые представлены двумя полиморфными модификациями.

При изучении минералогии платиноносных горизонтов Федорово-Панского расслоенного комплекса (ФПРК) в центральной части Кольского п-ова (рис. 2) нами выявлены две минеральные фазы Pd₂Tl и Pd₃Tl. Первая из них установлена в природе впервые.

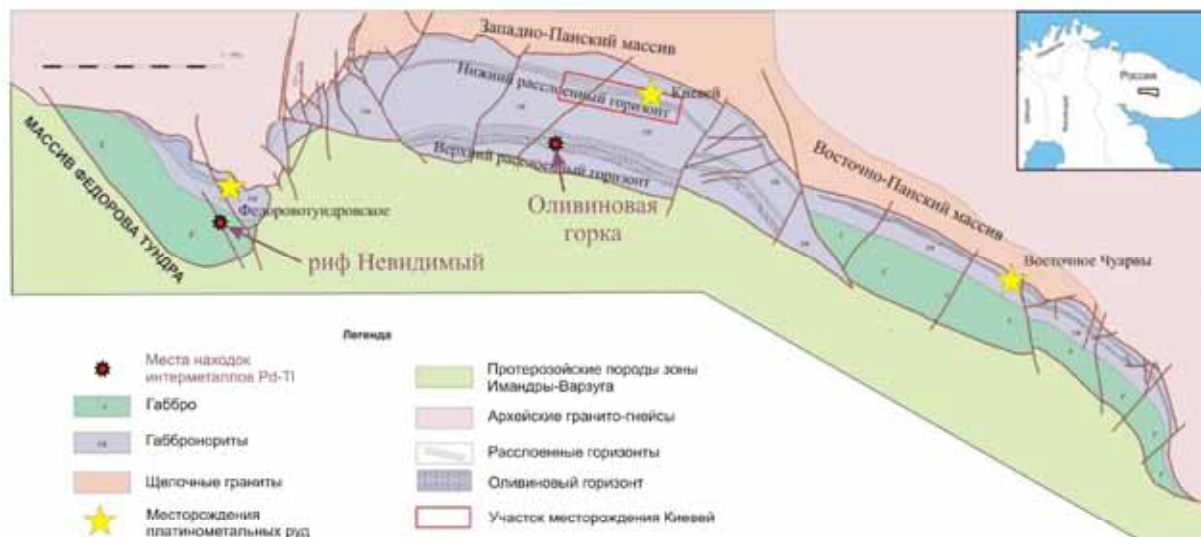


Рис. 2. Схематическая геологическая карта ФПРК.

Минеральные фазы Pd₂Tl и Pd₃Tl в ФПРК. Интерметаллическое соединение Pd₂Tl обнаружено в массиве Фёдоровой тундры (рис. 1) в платиноносном рифе Невидимый. Риф мощностью до 10-12 м расположен в верхней части расслоенной серии и представлен ритмичным чередованием троктолитов, оливинных лейкогабброноритов и измененных лейкогабброидов [6]. Платинометаллическая минерализация рифа отличается от известных месторождений ФПРК повышенной долей Pt (Pt/Pd = 1.3), низким содержанием сульфидов (концентрации S не превышают 0.2 мас. %). Минералы платиновых металлов (МПМ) с одинаковой частотой встречаются в виде включений в силикатах и с тонкой эмульсионной вкрапленностью пентландита, халькопирита и пирротина в нижних и средних оливинсодержащих слоях ритмов, содержащих до 0.9 г/т Pt и Pd.

В минеральной ассоциации МПМ преобладают интерметаллиды, близкие по составу к Pt₃Fe. Вместе с ними встречаются палладий (Pd, Cu, Fe), звягинцевит Pd₃Pb, атоцит (Pd,Pt)₃Sn, бортниковит Pd₄Cu₃Zn, паларстанид Pd₅(Sn,As)₂, брэггит (Pt,Pd,Ni)S, сперрилит PtAs₂, стилуотерит Pd₈As₃, мертиит Pd₁₁(Sb,As)₄, кейтконнит Pd₂₀Te₇, котульскит Pd(Te,Bi), торнрусит Pd₁₁As₂Te₂ и др. Палладий кроме собственных минеральных форм присутствует и в пентландите до 0.56 мас. % Pd, а в единичных мелких зернах до 5.67 мас. % Pd (SEM/EDS-анализ).

Фазы Pd₂Tl образуют незамкнутые каемчатые обособления до 1 μm по краям зерен халькопирита (рис. 3а, б). На рис. 3б показана тесная ассоциация фазы Pd₂Tl с интерметаллидами Pt₃Fe, которая близка к ассоциации Pd-Tl фазы со сплавом Pt₂Fe и Pd-пентландитом в перекрывающих Плэтриф габброноритах месторождения Сэнслут (фиг. 5е в [2]).

Химический состав фаз Pd₂Tl изучен SEM/EDS-методом (табл.). Анализы 9130-1-b и 9130-1-b2 отвечают различным участкам каймы (рис. 3а), 9100-12 характеризует наиболее широкую часть Pd₂Tl в нижнем зерне халькопирита (рис. 3б). Кристаллохимические формулы рассчитаны на 3 атома, исходя из данных по системе Pd-Tl, в которой установлены две полиморфные модификации Pd₂Tl. Располагая данными о вариациях редких элементов по разрезу рифа, отметим, что концентрации Tl в платиноносных породах варьируют от 0.005 до 0.014 г/т (ICP-MS).

Природный сплав Pd₃Tl обнаружен на участке Оливниновая горка Зап.-Панского массива, в породах оливинного горизонта (рис. 1). В зоне переслаивания габброноритов, троктолитов и оливинных пироксенитов выявлены небольшие линзовидные тела вкрапленной сульфидной минерализации (0.3-0.5 об. % сульфидов) мощностью до 0.7 м с содержанием ЭПГ+Au до 6.9 г/т. Сульфидная минерализация этого

участка существенно отличается от таковой месторождений ФПРК [7]. Здесь она представлена смешанными халькопирит-пентландит-пирротиновым и халькопирит-миллерит-борнитовым типами со значительной долей полидимита, кубанита, ковеллина, дигенита и халькозина.

Таблица. Химический состав Pd-Tl минеральных фаз, мас. %.

Элементы	Номера образцов				
	9130-1-b	9130-1-b2	9100-12	23964-a	23964-b
Pd	49.72	43.87	53.56	60.54	62.44
Tl	50.28	56.13	46.44	38.28	37.56
S	–	–	–	1.18	–
Сумма	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Формульные коэффициенты					
Pd	1.97	1.80	2.07	2.87	3.05
Tl	1.03	1.20	0.93	0.94	0.95
S	–	–	–	0.19	–

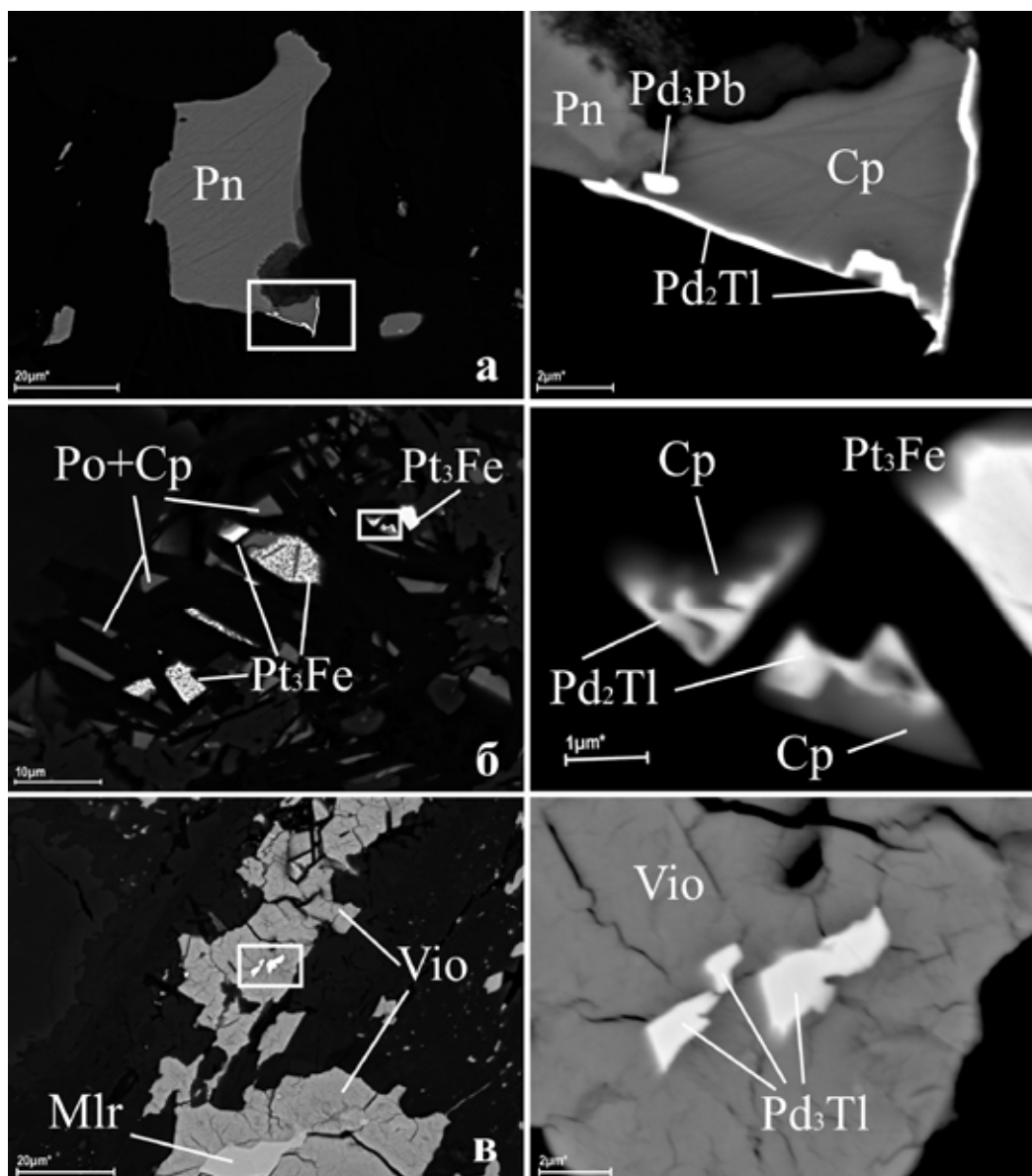


Рис. 3. Морфология и минеральные ассоциации сплавов Pd-Tl (SEM-фото): а – зерно халькопирита, окруженное каймой природного сплава Pd_2Tl , в оливиновом габбронорите, аншлиф 9130-1; б – выделения природных сплавов Pd_2Tl по краям зерен халькопирита в мезо-меланократовом троктолите, аншлиф 9100-12; в – тонкие включения минеральной фазы Pd_3Tl в виоларите, видны типичные структуры «усыхания» при замещении пентландита виоларитом, габбронорит, аншлиф 23964. Pn – пентландит, Po – пирротин, Cp – халькопирит, Vio – виоларит, Mlr – миллерит; темно-серое – силикаты.

Pd-Tl фаза (рис. 3в) обнаружена в одном из аншлифов в виде группы мелких субидiomорфных зерен размером до $2 \times 4 \mu\text{m}$ в агрегате зерен вторичного виоларита по пентландиту. Кроме виоларита в ассоциации с фазой установлены миллерит, халькопирит, аргентопентландит, серебро без существенных примесей, что необычно для Au-Ag-интерметаллов («электрума») Федорово-Панского массива. Химически чистое Ag здесь также установлено впервые.

В соседних пробах обнаружены звягинцевит Pd_3Pb , скаергаардит (Pd,Cu,Zn) , брэггит $(\text{Pt,Pd,Ni})\text{S}$, сперрилит PtAs_2 , холлингуортит $(\text{Rh,Pt,Pd})\text{AsS}$, мончит $(\text{Pt,Pd})(\text{Te,Bi})_2$, котульскит $\text{Pd}(\text{Te,Bi})$, теллуropалладинит Pd_3Te_4 , кейтконнит $\text{Pd}_{20}\text{Te}_7$, минеральная фаза $(\text{Fe,Pt,Cu,Ni})_3\text{S}_2$.

Химический состав и эмпирические формулы двух зерен Pd_3Tl даны в таблице. Формулы рассчитаны на 4 атома согласно экспериментальным данным по системе Pd-Tl, в которой известны две полиморфные модификации Pd_3Tl . В одном из зерен Pd_3Tl отмечается незначительная примесь S.

Заключение. Выявленные интерметаллы Pd_2Tl и Pd_3Tl характеризуются специфической генетической позицией в ФПРК. Tl минералы встречаются в расслоенных горизонтах с широким развитием богатых оливином пород, где платинометальное оруденение является относительно бедным. Последнее, наряду с присутствием богатых Pd пентландитов, коррелируется с данными по фазе Pd_3Tl , установленной в перекрывающей Плэтриф пачке габроноритов [2]. По химическому изотипу минеральная фаза Pd_3Tl имеет аналог в геохимически близкой бинарной системе Pd-In, в которой известны соединения со статусом минеральных видов дамянит PtIn_2 и июньит Pt_2In [8]. Это позволяет предполагать устойчивость Pd-Tl интерметаллидов и возможность обнаружения минеральных форм большего размера, которые позволят выполнить комплекс исследований для утверждения новых минеральных видов.

Работа подготовлена при поддержке Госконтракта № 16.515.11.5013.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kinloch E.D. Regional trends in the platinum-group mineralogy of the critical zone of the Bushveld complex, South Africa // *Econ. Geol.* 1982. V 77. P 1328-1347.
2. Holwell D.A., McDonald I., Armitage P.E. B. Platinum-group mineral assemblages in the Platreef at the Sandsloot mine, northern Bushveld complex, South Africa // *Miner. Mag.* 2006. V 70(1). P 83-101.
3. Гроховская Т.Л., Лапина М.И., Мохов А.В. Ассоциации и генезис минералов платиновой группы в малосульфидных рудах месторождения Мончетундра (Кольский п-ов, Россия) // *Геология рудных месторождений.* 2009. Т. 51. № 6. С. 520-540.
4. Wood S.A. The aqueous geochemistry of the platinum-group elements with applications to ore deposits // Ed. L.J. Cabri. *The geology, geochemistry, mineralogy and mineral beneficiation of PGE.* CIM. 2002. V 54. P 211-249.
5. Bhan S., Gödecke T., Panday P.K. et al. Über die Mischungen Palladium-Tallium und Platin-Tallium // *J. Less-Common Metals.* 1968. V 16. P 415-425.
6. Грошев Н.Ю., Савченко Е.Э. Риф Невидимый – новый уровень малосульфидной платинометальной минерализации в массиве Федоровой тундры (Кольский п-ов, Россия) // *Руды и металлы.* 2011. № 5. С. 15-26.
7. Субботин В.В., Корчагин А.У., Савченко Е.Э. Платинометальная минерализация Федорово-Панского рудного узла: типы оруденения, минеральный состав, особенности генезиса // *Вестник КНЦ.* 2012. № 1. С. 55-66.
8. Cabri L.J. The platinum-group minerals // Ed. L.J. Cabri. *The geology, geochemistry, mineralogy and mineral beneficiation of PGE.* CIM. 2002. V 54. P 507-548.

БЛАГОРОДНОМЕТАЛЬНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ СЯРГОЗЕРСКОГО УМЕРЕННОЩЕЛОЧНОГО КОМПЛЕКСА

Дмитриева А.В.

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, dmitrieva-a-v@yandex.ru

Позднеархейский многофазный Сяргозерский умереннощелочной комплекс расположен на Ондозерско-Сегозерской площади (Ц. Карелия, участки Сяргозеро, Торосозеро и Шаравалампи). Породы повышенной щелочности изучались рядом авторов, возраст санукитоидов и лампрофиров Ц. Карелии близок к 2.74 млрд. лет [1-5]. Породы Сяргозерского комплекса дифференцированы по составу и представлены пироксенитами, габбро, монцодиоритами и сиенитами. В массиве Шаравалампи определена перспективность пироксенитовых тел на Р и Тl, установлены повышенные содержания Au и ЭПГ (Pt 0.038 г/т,