

УДК 550.42:549.27

НОВЫЙ ТИП ПЛАТИНО-РУТЕНИЕВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В СЕРЕБРО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУДАХ

© 2004 г. А. Г. Миронов, А. В. Татаринев, Б. Б. Дамдинов,
О. М. Ковалевская, Л. И. Яловик, Г. М. Колесов

Представлено академиком М.И. Кузьминым 07.09.2003 г.

Поступило 16.09.2003 г.

Нетрадиционное платинометальное оруденение чаще всего связано с некоторыми типами черносланцевых отложений, золото-сульфидных и реже сереборудных месторождений [1–4]. Как правило, это платино-палладиевая или палладиево-платиновая минерализация с незначительным количеством других элементов платиновой группы (ЭПГ). Это же относится к полиметаллическим рудам, слабая платиноносность которых (совместно с Pd и Rh) была отмечена в месторождениях Алтая и Тянь-Шаня [5, 6]. Нами при изучении полиметаллического оруденения Джидино-Витимской зоны (Западное Забайкалье) была установлена повышенная платиноносность серебро-полиметаллических руд ряда проявлений, основным сопутствующим элементом в которых является рутений.

Джидино-Витимская полиметаллическая зона выделена ранее на основании анализа закономерностей локализации колчеданно-полиметаллических и полиметаллических месторождений и рудопроявлений Западного Забайкалья [7]. С современных геодинамических позиций часть месторождений этой зоны (Озерное и др.) локализуется в остро-водужном террейне раннего палеозоя и только часть объектов, приуроченных к Джидино-Витимскому разлому, слагают одноименную полиметаллическую зону (Тарбагатайское, Санжеевское, Черемшанское, Доватка, Эгитинское и др.). Большинство из них располагается в карбонатных и силикатно-карбонатных осадочных породах и лишь отдельные – в изверженных породах.

На платиноносность нами изучены руды трех мелких серебро-полиметаллических месторождений: Тарбагатайского, Санжеевского и Доватского (рис. 1). Краткая характеристика их дана в табл. 1.

Наиболее детально изучено Санжеевское месторождение. В тектоническом плане оно приурочено к пересечению Верхне-Оронгойского и Гильберинского бортовых разломов, ограничивающих мезозойско-кайнозойские впадины забайкальского типа. Галенитовая и кварц-пирит-галенитовая минерализация слагает маломощное жильное тело, прожилковые зоны, а также зоны брекчирования и милонитизации в гранодиоритах, сиенодиоритах, монзонитах баргузинского и бичурского комплексов (PZ₂₋₃?). Серебряная минерализация связана с гнездами галенита (до 2000–3000 г/т) и малосульфидными кварцевыми прожилками и брекчиями (до 5590 г/т). Основные формы нахождения серебра – изоморфная в галените, серебросодержащие блеклые руды и аргентит.

Месторождение Доватка приурочено к блоку карбонатных пород (Є₁) среди гранитоидов и габбро-монзонит-диоритовых пород (PZ₂₋₃?). Рудные тела находятся в зоне субширотного тектонического нарушения, контролирующего размещение магнетит-серебро-полиметаллического оруденения. Выделяют магнетитовый, сфалеритовый и галенитовый типы руд, образующих часто совместные парагенезисы. Содержания серебра достигают 5000 г/т и концентрируются преимущественно в галените (табл. 2), блеклой руде, аргентите и в самородном виде.

Тарбагатайское серебро-полиметаллическое месторождение находится в самой южной части Джидино-Витимской зоны (бассейн р. Джиды) и приурочено к карбонатной пластине, которая вместе с гипербазитами и вулканогенно-терригенными отложениями (хохюртовская свита) слагает часть Джидинского офиолитового покрова. Массивные линзовидные и прожилково-вкрапленные галенитовые и колчеданно-полиметаллические тела небольшой мощности локализируются в кембрийских известняках и лиственитах. Основные рудные минералы аналогичны установленным на месторождениях Санжеевское и Даватка (табл. 1). Содержание серебра в рудах несколько ниже (126–840 г/т) и представлено оно

Геологический институт Сибирского отделения
Российской Академии наук, Улан-Удэ
Институт геохимии и аналитической химии
им. В.И.Вернадского
Российской Академии наук, Москва

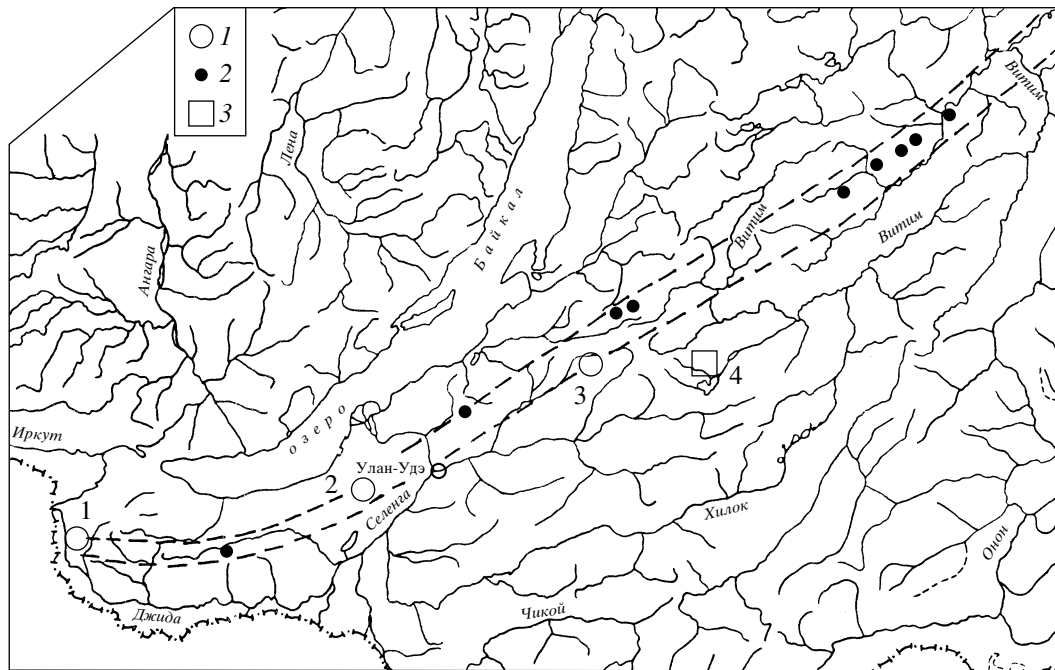


Рис. 1. Схема размещения Джидино-Витимской полиметаллической зоны (показаны только основные объекты). 1 – изученные месторождения: 1 – Тарбагатайское, 2 – Санжеевское, 3 – Доватка; 2 – основные проявления свинцовой и свинцово-цинковой минерализации в пределах зоны; 3 – Озерное рудное поле (4) колчеданно-полиметаллических руд.

минералами серебросодержащих блеклых руд и аргентитом.

Анализ проб с указанных месторождений осуществляли микропробирным нейтронно-активационным методом [8]. Для сплавления образцов

использовали карбонильный никель (ОСЧ), элементарную серу (ОСЧ) и шихту, состоящую из тетрабората калия или бората лития (ОСЧ), карбоната натрия (ХЧ) и диоксида кремния (ОСЧ). Для растворения образовавшегося сплава применяли

Таблица 1. Краткая характеристика полиметаллических месторождений с благородными металлами Западного Забайкалья

	Санжеевское	Доватка	Тарбагатайское
Особенности геологического строения	Кварцевые, кварц-сульфидные линзы, прожилки в апо-габбровых и аподиоритовых милонитах сиенитового массива (бичурский комплекс, верхний палеозой). Дайковый комплекс – микродиориты, диоритовые порфириды	Кварцево-сульфидные жильные и прожилково-вкрапленные тела, ассоциирующие с магнетитовыми скарнами в терригенно-карбонатной толще нижнего кембрия. Толща прорвана телами габбро-монзонит-диоритовой и сиенит-гранитной серий. Мезозойские дайки основного – кислого состава	Прожилково-вкрапленное кварц-сульфидное оруденение приурочено к вулканогенно-терригенно-карбонатной толще (Є ₁), интродуцированной телами габбро-диорит-гранитной ассоциации. Пострудные дайки керсантитов
Основные рудные минералы	Галенит, сфалерит, пирит, халькопирит, блеклая руда, пирротин, магнетит, гематит, висмутин, рутил, цинкит, халькозин, аргентит, самородные Ag и Au	Галенит, сфалерит, магнетит, пирит, пирротин, халькопирит, марказит, станнин, бурнонит, леллингит, тетраэдрит, ковеллин, самородные Ag и Au	Галенит, сфалерит, пирит, блеклая руда, аргентит, самородные Ag, Au, Cu, пираргирит, полибазит
Рудно-геохимический тип	Серебро-цинк-свинцовый с золотом и платиноидами	Серебро-железо-цинк-свинцовый с золотом и платиноидами	Серебро-цинк-свинцовый с золотом и платиноидами
Типоморфные элементы	Pb, Zn, Ag, Au, Pt, Ru, Ni, Zr, Sr, P, F	Fe, Pb, Zn, Ag, Au, Pt, Ru, P, F	Pb, Zn, Cu, Ag, Au, Sb, Pt, Ru, Cl

Таблица 2. Содержания Au, Ag, ЭПГ в рудах серебро-полиметаллических месторождений Западного Забайкалья (Ag – г/т, остальные – мг/т)

№ пробы	Au	Ag	Pt	Os	Ir	Ru	Pd	Примечание
Санжеевское месторождение								
а) Галенитовые руды								
К-105	35.5	1152.8	796.0	8.5	15.2	91.0		
4027	113.4	2443.5	2957.1	0.09	0.11	1.01		
4029	40.3	1231.6	738.0	8.18	6.7	89.8		
4031	69.3	1464.1	2099.2	3.6	2.14	36.7		
3943/1	430.8	2990.0	1698.0	33.9	20.1	410.6		
К-201/2	38.0	205.5	6390.0	0.14	0.13	4.04	<250.0	
3804	250.6	602.0	7000.0	0.19	0.1	3.58	<250.0	
3815	162.3	648.4	10200.0	0.77	0.83	4.87	<250.0	
3818	181.8	680.2	6310.0	17.4	13.1	83.4	<250.0	
3940/1	1020.0	1545.0	8280.0	56.6	81.8	1853.6	<250.0	
4011	41.3	900.0	11200.0	43.0	50.4	741.7	300.0	
4054	94.9	660.0	3120.0	5.22	4.41	203.9	<250.0	
4055	3.54	433.8	8700.0	12.0	9.79	857.3	<250.0	
4056	85.8	11.3	850.0	0.07	0.04	4.48	<250.0	
4063	54.3	482.5	6520.0	19.2	14.6	300.1	<250.0	
4071	81.2	717.7	4940.0	60.8	63.4	294.7	<250.0	
4081	730.0	186.3	1500.0	8.25	5.02	136.4	<250.0	
4269	1150.1	705.4	13100.0	0.08	0.055	1.2	250.0	
4347	37.2	618.0	6160.0	19.2	15.1	263.9	<250.0	
3992	64.2	89.9	2340.0	0.091	0.05	1.55	<250.0	
4180	69.0	120.6	1840.0	2.29	2.27	198.6	<250.0	
4181	389.8	225.0	310.0	12.6	8.31	196.5	<250.0	
4182	23.2	19.9	2950.0	0.02	0.02	1.61	<250.0	
4183	94.0	97.7	6310.0	0.05	0.02	8.52	300	
б) Кварц-сульфидные прожилки и брекчии в сиенодиоритах, монцонитах								
4229	1.21	555.4	120.0	39.3	41.9	807.2	110.0	Брекчия
4270	758.2	2091.7	233.2	2.81	3.76	50.1		То же
4230	157.5	1819.2	537.2	3.87	2.93	36.3		»
4235	161.8	5591.0	2579.0	24.4	18.5	56.1		»
3845	4.25	2793.2	2854.5	1.99	1.92	28.0		»
4273	10886.0	1440.0	540.0	1.06	1.27	17.3		Кварц-галенитовая руда
Месторождение Доватка								
Д-1	56.0	15.5	452.3	7.17	4.04	36.6		Магнетит
Д-2	190.4	1235.5	5869.5	78.8	65.7	7644.3		Сульфидный концентрат
Д-2а	80.1	1371.5	3589.1	40.0	48.9	1993.1		Галенит
Д-2б	246.6	184.1	1746.2	44.6	66.0	2833.1		Сфалерит
Д-3	409.6	659.5	4561.3	25.2	20.4	4451.3		Сульфидный концентрат
Месторождение Тарбагатайское								
ТАР-46	22.4	840.3	2241.1	27000	38750.0	6590.0		Кварц-азуритовая руда
ТАР-50а	553.5	312.5	8900.0	128.6	146.1	2460.0		Галенит
ТАР-50б	628.2	425.4	5454.6	53.0	37.5	12130.0		То же
ТАР-50в	175.5	126.4	873.1	8.59	12.5	151.2		»
ТАР-51	51.6	59.1	897.2	1.53	0.51	10.8		Прожилок галенита в карбонате

Примечание. Анализы выполнены микропробирным нейтронно-активационным методом в ГЕОХИ РАН. Аналитики Г.М. Колесов, Д.Ю. Сапожников. Pd определен атомно-абсорбционным методом (ГЕОХИ РАН). Незаполненные клетки – элемент не определялся.

соляную кислоту (ОСЧ). Для контроля полноты извлечения благородных металлов (БМ) был взят сорбент поливинилбензилметилпиразол (ПВБ-МП-10Т). Степень извлечения и пределы обнаружения элементов определяли по активности радионуклидов ^{103}Ru , ^{110}Ag , ^{191}Os , ^{192}Ir , ^{197}Pt , ^{198}Au . Сплавление осуществляли в алундовых, кварцевых, реже – в фарфоровых тиглях емкостью 10–25 мл в муфельной печи СНОЛ-1.6. Сорбцию БМ из растворенного в HCl сплава проводили в конических 100 мл колбах при небольшом нагревании и механическом перемешивании. Активность измеряли 2 раза в течение 1000–5000 с на высокоразрешающих германиевых детекторах (“ORTEC” и рижский), снабженных 4096-канальными анализаторами импульсов LP-4900 (“Nokia”, Finland) и NUC-8192 (EMG, Hungary). Для калибровки приборов использовали спектрометрические аттестованные источники (^{152}Eu , ^{137}Cs и др.). Интерпретация спектров и расчет содержания элементов осуществляли по стандартным образцам с помощью компьютерных программ “ASPRO” и “NINA”, разработанных сотрудниками ГЕОХИ РАН. В качестве стандартных образцов сравнения были взяты каменный метеорит Allende, пироксенит SARM-7, сульфидно-медно-никелевые руды Ж-3 и ВТ-1 и др. Изучение полированных образцов проводили на сканирующем электронном микроскопе LEO 1430 VP (аналитик Н.С. Карманов).

Первые сведения о повышенной платиноносности в пределах Санжеевского рудного поля получил А.Л. Ковалевский по результатам анализа золы растений (Pt 100–470 мг/т, Pd 20–30 мг/т) [9]. Невысокие содержания ЭПГ (0.1–0.6 г/т) были зафиксированы и в рыхлых отложениях. Выявленные био- и литогеохимические аномалии ЭПГ не увязывались с общей геологической ситуацией (преобладают изверженные породы среднего состава) и полиметаллическим типом руд. Отдельные повышенные значения содержания Pt и Pd в рудных зонах получены по сцинтилляционному эмиссионно-спектральному анализу и не подтверждены стандартным спектрохимическим методом. На других месторождениях анализ на ЭПГ не проводился.

Как показало изучение платиноносности руд указанных месторождений с помощью микропробирного нейтронно-активационного анализа, повышенная платиноносность присуща самим серебро-полиметаллическим жильным и брекчиевым рудам. Это характерно для кварц-галенитовых, галенитовых и сфалерит-галенитовых руд всех трех месторождений (табл. 2). Максимальные содержания платины (13.1 г/т) зафиксированы в галенитовых рудах Санжеевского месторождения при среднем значении 4.34 г/т (по 24 пробам) и минимальном – 0.310 г/т. Кроме платины, в рудах этого месторождения в повышенных количествах присутствует рутений (до 1.85 г/т, среднее 0.24 г/т). Значительно уступают по уровню концентраций все

остальные ЭПГ, в том числе и палладий. Анализ последнего выполнен атомно-абсорбционным методом с невысокой чувствительностью (0.25 г/т). Поэтому точные значения его концентрации во многих пробах не установлены (<0.25 г/т), но в целом из табл. 2 видно, что в подавляющем большинстве проб содержание Pd ниже порога чувствительности и в среднем ниже, чем рутения. Статистическая обработка показывает, что в свинцовых рудах Санжеевки сильная положительная корреляционная связь устанавливается между Os–Ir и Ru и слабая между Pt и Ru и Au и Ru ($r = 0.38$).

Другой тип серебросодержащих руд этого месторождения представлен мало- или убогосульфидными брекчиями с кварцем в милонитах и катаклазитах, возникшим по дайкам диабазовых порфириров, сиенитов и монзонитов. При низких содержаниях в них Pb и Zn в рудах этого типа отмечаются высокие концентрации Ag (до 5591 г/т) и Pt (до 5.87 г/т) при низких значениях всех других определяемых ЭПГ. Связь между Ag и Pt подтверждается и прямой корреляционной зависимостью между этими элементами.

Полиметаллические руды месторождения Доватка также характеризуются высокими концентрациями Ag (до 1371 г/т), Pt (до 5.86 г/т) и Ru (до 7.64 г/т) (табл. 2). При этом наиболее высокие содержания Pt и Ru присущи сульфидным рудам (галенит-сфалеритовый концентрат), тогда как в магнетите содержание Au, Ag и ЭПГ значительно меньше (табл. 2). В галените преимущественно концентрируются Ag и Pt, а в сфалерите – Au и Ru. Несмотря на это, в целом по сульфидным рудам намечается прямая корреляционная связь Pt с Ru и Ag.

Самые высокие содержания Ru (12.1 г/т) зафиксированы в галенитовых рудах Тарбагатайского месторождения. Здесь ниже уровень концентраций серебра, но достаточно высокий Pt (до 8.9 г/т). Обращает на себя внимание высокое содержание Os (27.0 г/т) и Ir (38.75 г/т) в одной из проб, отобранной в окисленных галенит-блекло-рудно-азурит-кварцевых рудах.

Для определения форм нахождения ЭПГ в рудах был использован сканирующий электронный микроскоп с энергодисперсионной приставкой LEO 1430 VP. Изучение полированных образцов различных типов руд месторождений показало, что ни в галените, ни в серебросодержащих блеклых рудах и аргентите не установлены собственные минеральные выделения ЭПГ размером по крайней мере более 0,01 мкм. Более крупные включения минералов ЭПГ в серебро-полиметаллических рудах также маловероятны с учетом небольшого размера анализируемой навески и довольно выдержанных содержаний Pt и Ru в пробах. По-видимому, можно говорить по аналогии с золотом о “невидимой” форме нахождения платины и руте-

ния, которые, судя по положительной корреляции с серебром, скорее изоморфно входят в серебросодержащие минералы и микровключения.

Таким образом, установлена преимущественно платино-рутениевая минерализация в серебро-полиметаллических рудах, слагающих месторождения и проявления Джидино-Витимской рудной зоны. Содержания Pt и Ru в этих рудах более чем на порядок выше, чем в колчеданно-полиметаллических рудах рудноалтайского типа [11]. Судя по наличию платиноидной минерализации не только в галенитах, но и в убогосульфидном брекчиевом и прожилковом типах серебряного оруденения, а также учитывая положительную корреляцию ЭПГ с Ag, можно говорить о преимущественном концентрировании Pt и Ru серебросодержащими минералами. Хотя частично они, особенно рутений, фиксируются и в сульфидах (сфалерит) с невысоким содержанием серебра. По крайней мере, в рудах месторождения Доватка более высокие содержания Pt и Ag фиксируются в галените, тогда как Ru – в сфалерите (табл. 2).

К сожалению, малые размеры минералов серебра (пираргерит, аргентит, полибазит) не позволяют определить в них количества ЭПГ. Собственных минеральных фаз ЭПГ (типа лаурита) также установить не удалось. Остается только предполагать тонкодисперсное или изоморфное вхождение ЭПГ в минералы Ag и сульфиды Pb и Zn. Известно, что в аргентите из Фрайберга установлены содержания Pt 4 г/т и Pd 9 г/т [10]. Рутений фиксируется в некоторых сульфидах (до 9.6 мас. % в пентландите [10]), по-видимому, в силу повышенного среди ЭПГ сродства к сере.

И, наконец, почему именно эта ассоциация Pt–Ru характерна для данного типа руд? По-видимому, ответ надо искать в происхождении серебро-полиметаллических руд Джидино-Витимской зоны. В силу слабой изученности многое в этом вопросе еще не понятно. Возраст оруденения скорее всего, средний–поздний PZ, по крайней мере, на всех объектах оруденения тяготеет к монцитоидам и сиенитам предположительно этого возраста. Модельный возраст свинцов, полученный для галенитов Санжеевского месторождения (аналитик В.Ф.Посохов), показывает значения 558–649 млн. лет, свидетельствующие о вендско-нижнекембрийском источнике свинца. В этот период для южного обрамления Сибирской платформы были характерны океаническая и островодужная геодинамические обстановки.

Возможно, что платиноидная специализация серебро-полиметаллического оруденения обязана своим происхождением монцитонитоидной (латитовой) магме, происхождение которой многие авторы связывают с мантийными процессами [12]. В этом отношении заслуживают переоценки на ЭПГ некоторые месторождения и проявления золота Забайкалья, происхождение которых связывается с латитовым магматизмом [12].

Авторы выражают благодарность Н.С. Карманову, В.Ф. Посохову, Д.Ю. Сапожникову, Н.Г. Сметаниной за помощь в исследованиях и подготовке рукописи.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 03–05–65162), Интеграционной программы СО РАН № 161, гранта ведущей научной школы НШ–2284.2003.5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Додин Д.А., Чернышов Н.М., Яцкевич Б.А. Платинометалльные месторождения России. СПб.: Наука, 2000. 754 с.
2. Гурская Л.И. Платинометалльное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. 208 с.
3. Коробейников А.Ф. Нетрадиционные комплексные золото-платиноидные месторождения складчатых поясов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. 233 с.
4. Мансуров М.М., Козлов В.В., Михайлов Ю.В. и др. Материалы VI конференции “Новые идеи в науках о Земле”. М., 2003. Т. 2. С. 228.
5. Юшко-Захарова О.Е. Платиноносность рудных месторождений. М.: Недра, 1975. 245 с.
6. Юсупов Р.Г., Тимофеева Т.С., Мусаева М.М. // Геохимия. 1997. № 1. С. 37–45.
7. Царев Д.И. В кн.: Проблемы рудообразования, поисков и оценки минерального сырья. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1996. С. 36–49.
8. Kolesov G.M., Sapozhnikov D.Y. // The Analyst. 1995. V. 120. № 5. P. 1461–1469.
9. Ковалевский А.Л. Тез. докл. Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге 21 века. СПб., 2000. Т. 2. С. 105–107.
10. Минералы благородных металлов. Справочник. М.: Недра, 1986. 271 с.
11. Чернышов Н.М., Додин Д.А. // ДАН. 1994. Т. 334. № 4. С. 493–495.
12. Таусон Л.В. Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов. М.: Наука, 1977. 280 с.