

ПЕТРОЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ

СОСТАВ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОРУДЕНЕНИЯ ЗОЛОТО-ТЕЛЛУРИДНОГО ТИПА  
В ТИССА-САРХОЙСКОЙ ЗОЛОТОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ (*Восточный Саян*)

Б.Б. Дамдинов, А.Г. Миронов, А.А. Боровиков\*, Б.Б. Гунтыпов,  
Н.С. Карманов, А.С. Борисенко\*, Б.Л. Гармаев

Геологический институт СО РАН, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а, Россия

\* Институт геологии и минералогии СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Коптюга, 3, Россия

Рассмотрены строение и вещественный состав новых золоторудных проявлений в юго-восточной части Восточного Саяна (Тисса-Сархойский рудный узел). Установлено несколько морфогенетических типов золотого оруденения: кварцевые жилы с зонами березитизации, прожилково-вкрапленные руды в гранитоидах, зоны лиственитизации и сульфидизации в эффузивах сархойской серии и интрузивных породах хорингольского комплекса позднего рифея. По геохронологическим данным и ряду минералогическо-геохимических признаков золотое оруденение близко по времени формирования к этим докембрийским островодужным комплексам. Выделены минеральные парагенезисы двух стадий формирования руд: ранний высокотемпературный (250—460 °C) — золото-пиритовый и поздний, низкотемпературный (110—280 °C) — золото-теллуридный. Золото-теллуридная минерализация широко распространена и представлена теллуридами Au, Ag, Pb, Bi, Ni — петцитом, калаверитом, гесситом, теллуризмутитом, алтаитом, мелонитом. Самородное золото, ассоциирующее с ними, имеет пробы от 750 до 900 ‰. Тесная временная и пространственная связь золотого оруденения с островодужными вулканоплутоническими комплексами, широкое распространение прожилково-вкрапленного характера минерализации позволяют предполагать золото-порфировый тип оруденения, связанный с островодужным магматизмом позднего рифея—венда.

*Золото, теллуриды, островодужные гранитоиды, Восточный Саян.*

COMPOSITION AND CONDITIONS OF FORMATION OF GOLD-TELLURIDE MINERALIZATION  
IN THE TISSA-SARKHOI GOLD-BEARING PROVINCE (*East Sayan*)

B.B. Damdinov, A.G. Mironov, A.A. Borovikov, B.B. Guntypov, N.S. Karmanov,  
A.S. Borisenko, and B.L. Garmaev

The structure and petrologic composition of new gold-ore provinces in southeastern East Sayan (Tissa-Sarkhoi ore cluster) are considered. Several morphogenetic types of gold mineralization have been established: quartz veins with beresitization zones, veinlet-disseminated ores in granitoids, and listwaenitization and sulfidation zones in effusions of the Sarkhoi Group and intrusive rocks of the Late Riphean Khorin-Gol complex. According to geochronological dates and some mineralogical and geochemical features, the gold mineralization is close in age to these Precambrian island-arc complexes. Parageneses of two stages of ore formation have been recognized: early high-temperature (250—460 °C) gold-pyrite and late low-temperature (110—280 °C) gold-telluride. The latter mineralization is widespread and is represented by tellurides of Au, Ag, Pb, Bi, and Ni — petzite, calaverite, hessite, tellurobismuthite, altaite, and melonite. Native gold associated with these tellurides is characterized by a fineness of 750—900 ‰. The intimate temporal and spatial relationships of the gold mineralization with island-arc volcanoplutonic complexes and the wide occurrence of its veinlet-disseminated type suggest that this is porphyry gold mineralization related to the Late Riphean-Vendian island-arc magmatism.

*Gold, tellurides, island-arc granitoids, East Sayan*

ВВЕДЕНИЕ

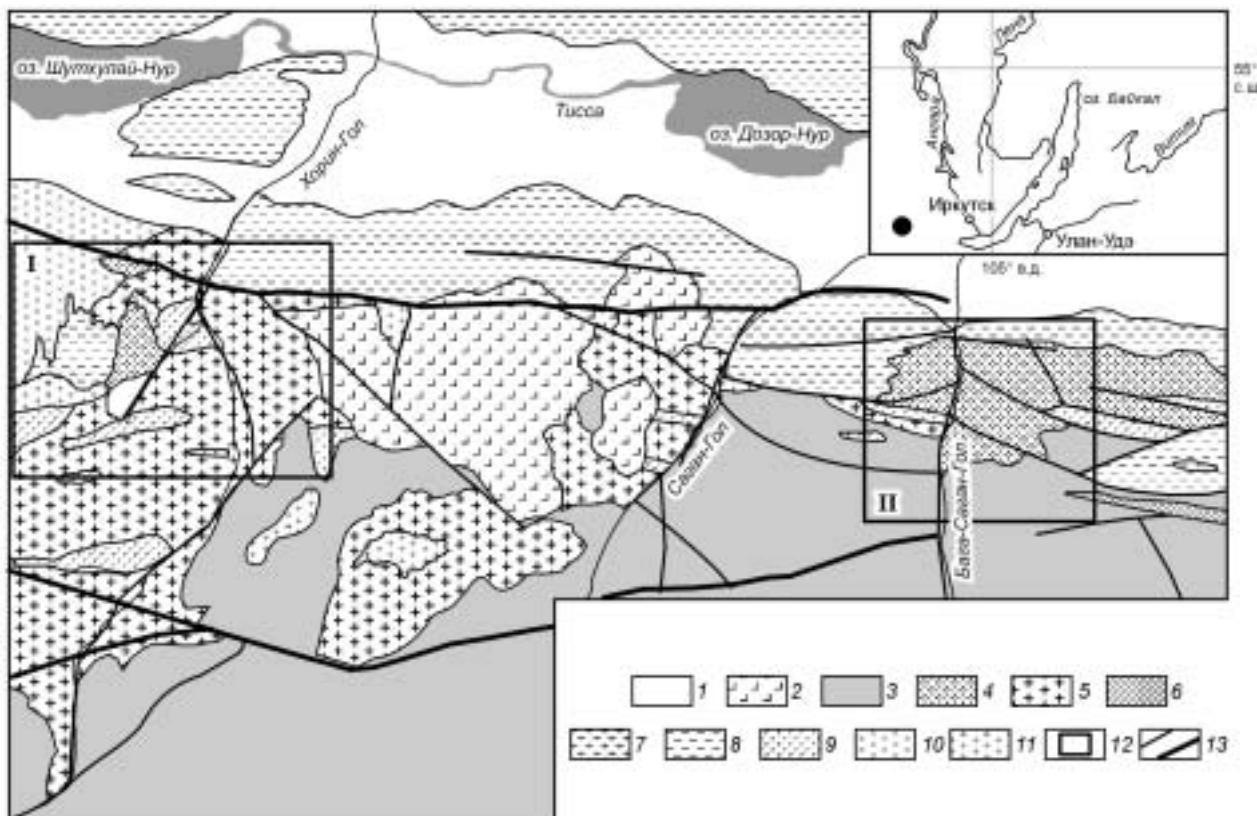
Юго-восточная часть Восточного Саяна широко известна своей золотоносностью. Наиболее распространены золото-кварцевые, золото-сульфидно-кварцевые месторождения и рудопроявления (Пионерское, Барун-Холбинское, Зун-Холбинское, Зун-Оспинское и др.) [Миронов, Жмодик, 1999]. Кроме того, наряду с жильной была установлена прожилково-вкрапленная минерализация, связанная с позднерифейскими гранитоидами островодужного типа [Миронов и др., 2001; Жмодик и др., 2004]. Такая минерализация характеризуется наличием теллуридов и может быть отнесена к золото-порфировому

типу. Исследования последних лет, проводимые в этой части Восточного Саяна, показали более широкое распространение золото-теллуридной минерализации и, в частности, среди вулканитов сархойской серии и комагматичных им интрузий диоритов, гранодиоритов, плагиогранитов и гранитов в пределах Тисса-Сархойского рудного узла. Как известно, золото-теллуридная ассоциация типоморфна для золоторудных месторождений, сформированных в геодинамических обстановках активной континентальной окраины или островной дуги. Особенностью таких месторождений является высокое золото-серебряное отношение (10:1, 1:1) и значительные концентрации теллура, на основании чего их выделяют в качестве золото-теллуридного геохимического типа [Константинов, 1984]. Месторождения и рудопроявления такого типа приурочены, как правило, к вулканитам трахибазальтовой, андезитобазальтовой формации, либо к малым интрузиям плагиогранитов, диоритов, кварцевых диоритов [Константинов, 1984; Hedenquist et al., 1988; Спиридонов, 1995; Грабежев и др., 2000, Кузин, 2002].

### ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РАЙОНА

Тисса-Сархойский рудный узел находится в бассейне рек Тисса и Сархой в юго-восточной части Восточного Саяна. В геологическом отношении он располагается в западной части Боксон-Сархойского синклинория и сложен рифейскими ( $R_2$ ) карбонатно-глинистыми отложениями дибинской свиты, вулканогенно-осадочными образованиями сархойской серии и прорывающими их гранитоидами сархойского и хорингольского комплексов (рис. 1).

Сархойская серия — одно из самых спорных подразделений в геологическом строении Восточного Саяна. Возрастное положение ее, по представлениям различных авторов, колебалось от рифея до ордовика—силура [Беличенко и др., 1988; Кузьмичев, 2004]. В настоящее время, согласно последним данным А.Б. Кузьмичева [2004], возраст серии определяется как позднерифейский с Rb-Sr датировкой в  $718 \pm 30$  млн лет. На рассматриваемой площади отложения сархойской серии представлены зеленокаменными



**Рис. 1. Схематическая геологическая карта бассейна р. Тисса (м-б 1:50 000).**

1 — четвертичные отложения; 2 — неоген-четвертичные базальты; 3 — эффузивы сархойской серии ( $C_1$ ); 4 — гранитоиды урикского комплекса ( $PR_3$ ); 5—7 — хорингольский комплекс ( $V - C_1$ ): 5 — плагиограниты, гранит-порфиры, 6 — диориты, 7 — сиениты, граносиениты; 8 — кристаллические сланцы билинской свиты ( $PR_2$ ); 9 — нерасчлененные пироксениты; 10 — габбро, габбро-диориты; 11 — граниты, гранит-порфиры сархойского комплекса ( $C_2 - O$ ); 12 — изученные рудопроявления (I — Хорингольское, II — Сагангольское); 13 — разломы.

Таблица 1. Содержания петрогенных (мас.%) и редких (г/т) элементов в гранитоидах, эффузивных и метасоматических породах Тисса-Сархойской площади

Компонент	Гранитоиды									
	Хр-78	Хр-115	Хр-114	Бс-50	Бс-115	Бс-112	Хр-125	Хр-123	Бс-80	Бс-85
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO <sub>2</sub>	63.90	63.20	64.50	65.90	66.60	67.30	69.40	71.50	70.1	74.0
TiO <sub>2</sub>	0.59	0.52	0.32	0.23	0.49	0.21	0.31	0.28	0.21	0.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.60	16.00	17.50	16.25	14.00	15.40	15.60	15.30	16.0	15.40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.93	2.24	2.02	0.76	2.71	1.11	1.56	1.47	2.40	0.36
FeO	5.86	3.71	1.89	1.57	2.26	0.97	2.00	1.81	0.26	0.40
MnO	0.11	0.12	0.07	0.06	0.07	0.06	0.05	0.05	0.01	0.08
MgO	3.56	2.49	1.57	0.95	2.55	0.87	1.22	0.65	0.31	0.27
CaO	4.00	5.10	4.58	3.46	3.15	4.00	2.29	1.25	0.50	1.74
Na <sub>2</sub> O	3.05	3.58	4.04	3.92	3.41	3.70	3.93	3.38	5.35	5.76
K <sub>2</sub> O	1.75	1.39	1.57	1.93	1.76	1.34	1.43	1.94	2.05	1.34
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15	0.14	0.07	0.12	0.29	0.10	0.12	0.10	0.15	0.00
П.п.п.	1.39	1.93	2.05	4.19	2.29	4.49	1.78	1.82	2.51	0.62
Сумма	99.88	100.41	100.18	99.34	99.58	99.55	99.69	100.00	99.85	100.03
Rb	38	33	37	40	34	25	38	47	32	20
Sr	424	503	1015	660	480	840	839	787	420	350
Y	19	25	21	—	—	—	5	3	11	15
Zr	136	113	66	56	58	45	59	62	53	45
Nb	4	4	3	5	4	4	3	2	2	6
Ba	486	740	570	850	1740	655	751	687	610	420
La	15	—	7	13	11	—	15	17	—	11
Ce	32	13	27	16	16	9	20	22	21	15
Au	—	—	—	0.01	—	—	—	0.01	7.1	0.01
Ag	—	—	—	—	—	—	—	—	13.1	—
Cu	78	—	12	—	26	—	50	91	230	22
Pb	22	19	—	5	5	19	—	—	960	5
Zn	53	—	100	41	90	—	38	33	2430	10

Компонент	Эффузивные породы							Березиты		
	Бс-128	Бс-90	Хр-6	Бс-96	Бс-95	Бс-103	Бс-105	Хр-28	Хр-112	Хр-27
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SiO <sub>2</sub>	55.70	58.50	63.10	67.50	71.00	73.20	77.30	53.90	62.30	67.00
TiO <sub>2</sub>	1.19	0.60	0.68	0.68	0.45	0.48	0.39	0.66	0.25	0.33
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.80	16.90	19.80	14.20	13.60	12.90	11.20	13.30	16.50	17.30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.02	3.19	4.81	2.93	1.37	2.04	1.55	0.86	1.27	1.85
FeO	5.90	0.95	0.20	1.41	1.75	0.69	0.52	4.47	1.43	0.81
MnO	0.16	0.14	0.00	0.09	0.06	0.05	0.03	0.09	0.07	0.03
MgO	3.22	1.00	0.11	1.58	1.48	0.61	0.48	7.52	0.97	1.33
CaO	7.00	11.17	0.50	2.85	3.00	0.88	0.69	5.16	4.47	1.50
Na <sub>2</sub> O	2.64	2.07	2.06	4.53	3.95	5.38	5.73	3.53	3.63	3.32
K <sub>2</sub> O	0.53	0.64	3.89	0.70	0.91	0.97	0.37	1.30	3.10	3.61
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.27	0.14	0.00	0.14	0.09	0.10	0.06	0.21	0.09	0.18
П.п.п.	2.98	4.36	4.72	2.85	1.99	2.17	1.32	8.44	6.06	3.07
Сумма	99.41	99.66	99.87	99.46	99.65	99.47	99.64	99.44	100.14	100.33
Rb	6	4	90	9	15	12	—	8	74	103
Sr	390	380	290	170	130	100	68	75	432	245
Y	18	25	—	30	19	41	32	4	4	5
Zr	50	107	120	140	130	180	190	10	65	120
Nb	1	2	4	3	4	2	2	—	3	6
Ba	160	300	400	330	320	340	150	92	874	1740
La	—	10	8	9	9	12	12	7	16	25
Ce	13	25	18	21	23	29	24	13	26	43
Au	—	—	—	2.2	—	0.01	0.02	—	0.01	—
Ag	—	—	1.1	—	—	—	—	—	—	—
Cu	130	—	—	—	22	—	22	—	22	—
Pb	10	12	25	38	12	3	7	71	—	27
Zn	60	34	—	70	35	38	16	48	34	—