

## **AU-AG-TE-BI-REE-U МИНЕРАЛИЗАЦИЯ МУГУНСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ АЛЛАХ-ЮНЬСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ**

**Г.С. Анисимова, Л.А. Кондратьева**

*Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 677980, Якутск, пр-т Ленина, 39, Россия*

Проведено детальное минералогическое исследование руд Мугунского проявления. В результате уточнен и существенно дополнен вещественный состав. Впервые диагностированы мальдонит, хедлейит, бурнонит, пентландит, кобальтин, редкоземельные минералы группы монацита и алланита, а также минералы урана из группы браннерита. Определены составы многих известных минералов, уточнена пробность самородного золота различных минеральных ассоциаций. Оруденение характеризуется комплексной (Au-Ag-Te-Bi-REE-U) минерализацией.

*мальдонит, хедлейит, пентландит, кобальтин, оксиды висмута и молибдена, редкоземельные минералы, группа браннерита, Мугун*

## **AU-AG-TE-BI-REE-U MINERALIZATION OF THE MUGUNSKY ORE OCCURRENCES IN THE ALLAH-YUN' METALLOGENIC ZONE**

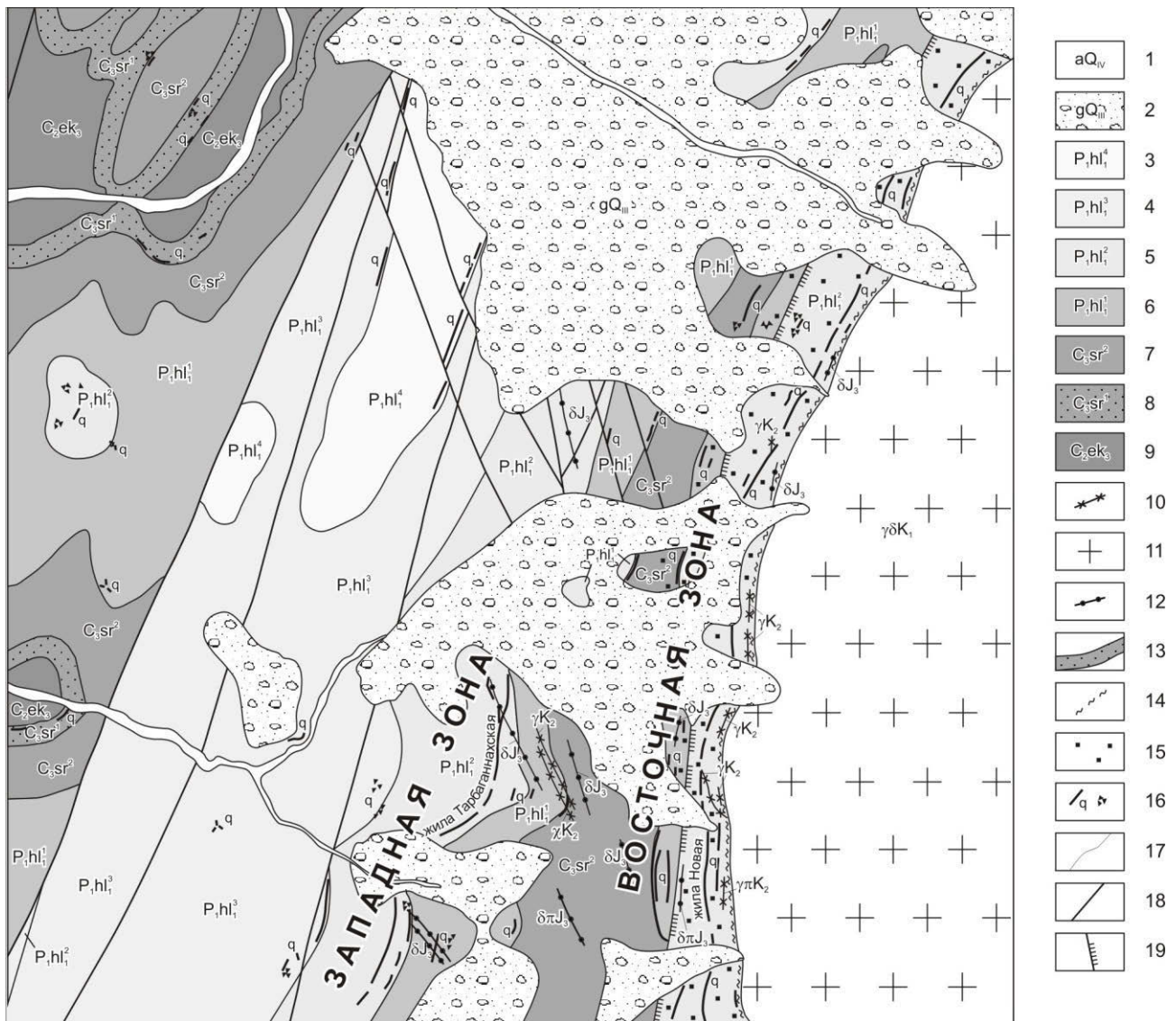
**G.S. Anisimova, L.A. Kondratyeva**

Detailed mineralogical research of the Mugunsky ore occurrences is conducted. As a result of the study the material constitution is specified and significantly supplemented. Maldonite, hedleyite, berthonite, pentlandite, cobaltite, rare earth minerals of monazite and allanite group, as well as uranium minerals from the group of brannerite are identified for the first time. Compositions of many known minerals are determined. A native gold fineness of various mineral associations is specified. The metallizing process is characterized by a complex (Au-Ag-Te-Bi-REE-U) mineralization.

*maldonite, hedleyite, pentlandite, cobaltite, bismuth and molybdenum oxides, rare earth minerals, group of brannerite, Mugun*

Мугунская рудная зона расположена к востоку от золоторудных месторождений Оночалах и Булар на левобережье р. Аллах-Юнь. Сотрудниками треста «Джугджурзолото» на исследуемой территории была установлена россыпная золотоносность ряда притоков р. Аллах-Юнь (руч. Тарбаганах, Тыкикучан, Баранья и др.). Первые сведения о находках рудного золота приведены Г. П. Павловым и др. в 1962 г., в дальнейшем геолого-поисковые работы здесь проводили Д. А. Дорофеев (1963 г.), Н. Г. Андриянов (1973 г.), Д. Н. Кораблев (1989 г.), Я. С. Зыков (1992 г.) и др. Научными исследованиями в разное время занимались Г. Н. Гамянин, В. А. Амузинский, А. И. Зайцев, А. С. Борисенко и др.

Пространственно рудная зона совпадает с полосой мелкой складчатости и фиксирует в осадочном чехле наряду с разрывными нарушениями зону Кидерикинского регионального разлома. Наиболее продуктивная часть рудной зоны – Мугунское рудопроявление – располагается в ее центральной части вдоль западного контакта Тарбаганнахского гранитоидного массива (рис. 1).



**Рис. 1. Геологическая карта Мугунского рудопроявления (по Кораблеву Д.Н. и др., 1987 г., с изменениями).**

1 – аллювиальные отложения; 2 – ледниковый крупнообломочный материал; 3–6 – халыинская свита, нижняя подсвита: 3 – четвертая пачка (алевролиты, песчаники), 4 – третья пачка (алевролиты глинисто-углистые, прослои песчаных алевролитов), 5 – вторая пачка (алевролиты, песчаники, прослои гравелитов), 6 – первая пачка (алевролиты, маломощные пласты разнозернистых песчаников); 7, 8 – суркечанская свита: 7 – вторая пачка (алевролиты, песчаные алевролиты, прослои известковистых песчаников и «рябчиков»), 8 – первая пачка (песчаники, алевролиты, гравелиты, конглобрекции); 9 – экачанская свита, верхняя подсвита (алевролиты разнозернистые, слоистые); 10 – позднемеловые дайки гранитов ( $\gamma K_2$ ), гранит-порфиров ( $\gamma K_2$ ) и лампрофиров ( $\chi K_2$ ); 11 – раннемеловой массив гранодиоритов ( $\gamma \delta K_1$ ); 12 – позднеюрские дайки диоритов ( $\delta J_3$ ) и диоритовых порфиров ( $\delta J_3$ ); 13 – маркирующая песчаниковая пачка; 14, 15 – контактово-метаморфизованные породы: 14 – мигматиты, 15 – кордиерит-андалузитовые, биотитовые роговики и биотитизированные породы; 16 – кварцевые жилы и их развалы; 17 – геологические границы; 18 – разрывные нарушения; 19 – сбросы.

Вмещающие породы от верхов суркечанской свиты позднего карбона до верхов нижнехальинской подсвиты ранней перми представляют собой грубофлишоидную толщу, состоящую из чередования пачек разнозернистых песчаников и алевролитов. Оруденение локализуется в виде ярусно расположенных на нескольких продуктивных уровнях межпластовых и внутрипластовых кварцевых жил, типичных для Аллах-Юньской металлогенической зоны. Жилы в разной степени затронуты процессами контактового метаморфизма. Выделяются две зоны проявления золото-кварцевых жил – западная и восточная, расположенные на крыльях Мугунской антиклинали и совпадающие с тектоническими швами Дьапхачанского и Мугунского разломов.

Западная зона представлена рудным телом № 2, приуроченным ко второй песчанистой пачке нижнехальинской подсвиты на западном крыле антиклинали. Рудное тело простирается на 2,2 км, наиболее протяженный интервал (Тарбаганнахская жила) находится в нижней части песчанистой пачки, на границе песчаников и алевролитов. Мощность ее не выдержана как по простиранию, так и по падению и колеблется от 0,8 до 2,5 м. Кварц в жилах слабо ороговикован.

Восточная зона располагается непосредственно в приконтактной части Тарбаганнахского массива в пределах зоны биотитовых роговиков и биотитизированных пород. По своему характеру зона представляет собой серию сближенных кварцевых жил, приуроченных к двум продуктивным уровням первой пачки нижнехальинской подсвиты. Рудное тело № 7 приурочено к мощному пласту песчаников, слагающему низы ее второй пачки и состоит из восьми фрагментов и жилы Новая мощностью 0,4–1,2 м. Рудное тело № 3 расположено в верхней части песчанистой пачки, слагающей основание нижнехальинской подсвиты. Оруденение представлено маломощной (0,4–0,8 м) субпластовой кварцевой жилой на восточном крыле Мугунской антиклинали и в мульде синклинали более высокого порядка, осложняющей ядро этой структуры. Жилы сложены кварцем с роговиковой структурой, биотитом, диопсидом, амфиболом и альбитом, расположенными в основном в зальбандах.

### **МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД**

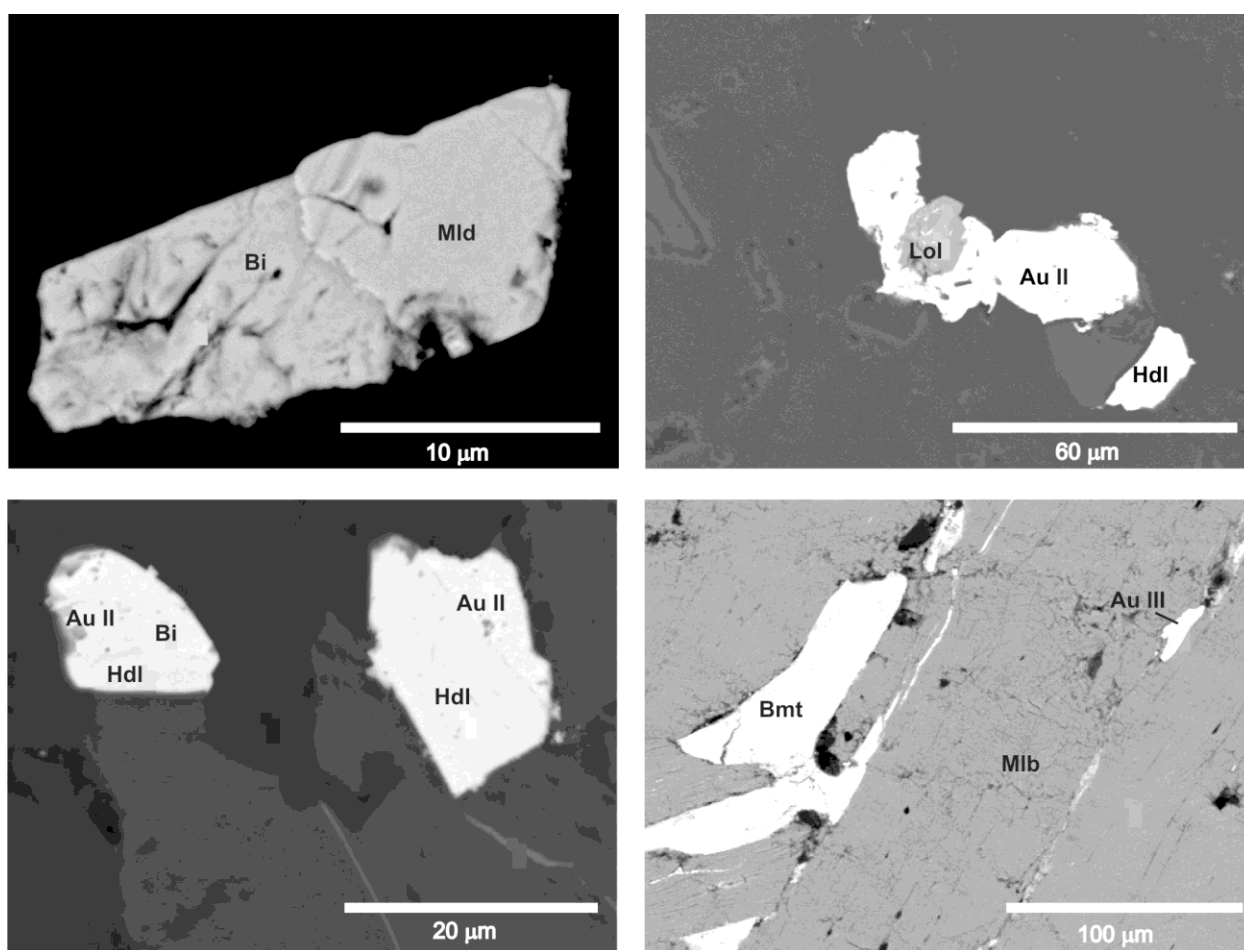
Ранее вещественный состав руд более детально изучался Г. Н. Гамяниным [1, 2], который выделил два минеральных типа.

1. Арсенопиритовый, связанный с рудными телами, удаленными от Тарбаганнахского массива. Представлен рудными минералами: широко распространенными арсенопиритом, галенитом, сфалеритом, золотом, а также леллингитом, пиритом, пирротинном, марказитом, халькопиритом. Жильные минералы – кварц, анкерит, альбит, диопсид, актинолит, хлорит.

2. Висмутовый, связанный с рудными телами, локализованными в эндо- и экзоконтакте гранитоидного массива. Представлен рудными минералами: распространенными молибденитом, арсенопиритом, пиритом, а также спорадическими леллингитом, пирротинном, халькопиритом, самородным висмутом и золотом. Жильные минералы – кварц, калиевый полевой шпат, серицит, биотит, рутил и шеелит.

## НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО МИНЕРАЛОГИИ

В последние годы нами проведено детальное минералогическое исследование руд из кварцево-жильных тел, расположенных в эндо- и экзоконтакте Тарбаганнахского массива. В результате уточнен и существенно дополнен вещественный состав. Так, впервые диагностированы минералы мальдонит ( $\text{Au}_2\text{Bi}$ ), хедлейит ( $\text{Bi}_2\text{Te}$ ), бурнонит, пентландит, кобальтин, редкоземельные минералы группы монацита и алланита, а также минералы урана; определены составы многих известных минералов; уточнена пробность самородного золота различных минеральных ассоциаций (рис. 2, табл. 1). С учетом полученных данных мы выделяем два минеральных типа Мугунского рудопроявления: As-полиметаллический (соответствует арсенипиритовому по Г. Н. Гамянину [1, 2]) и золото-редкометалльный (висмутовый по [1, 2]). Во втором типе выделяются пентландит-кобальтин-леллингитовая, золотомальдонит-висмут-теллуридная и золотосеребро-молибденитовая ассоциации.



**Рис. 2. Взаимоотношение минералов Мугунского рудопроявления.**

Au – самородное золото, Bi – самородный висмут, Mld – мальдонит, Hdl – хедлейит, Bmt – бисмутит, Mlb – молибденит)

Самородное золото (Au I), связанное с полиметаллической ассоциацией арсенипиритового типа, характеризуется средней пробой [1, 2]. В ранней ассоциации золоторедкометалльной формации наряду с леллингитом отмечены пентландит и кобальтин. Появление весьма высокопробного золота (Au II) и самородного висмута, скорее всего, свидетельствует о разложении мальдонита в нестабильной обстановке. В ассоциации с этими

же минералами встречается теллурид висмута, хедлейит. В поздней ассоциации появляются молибденит с реликтами бисмутита, дискразит, самородное серебро и низкопробное золото (Au III – 660 ‰).

Таблица 1. Средние составы рудных минералов Мугунского проявления (мас.%)

Минералы	Au	Bi	Te	Ag	Mo	S	Fe	As	Ni	Co	Пробность Au, ‰	Сумма
Золото-I**	82,38	–	–	17,16	–	–	–	–	–	–	827	99,55
Золото-II	95,89	–	–	3,82	–	–	–	–	–	–	960	99,91
Золото-III	66,50	–	–	36,96	–	–	–	–	–	–	662	100,46
Сам.висмут	–	100,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100,4
Мальдонит*	64,66	36,49	–	–	–	–	–	–	–	–	–	101,16
Хедлейит*	–	67,75	33,8	–	–	–	–	–	–	–	–	101,56
Молибденит	–	–	–	–	58,43	40,95	–	–	–	–	–	99,38
Леллингит	–	–	–	–	–	2,68	28,59	68,44	1,11	–	–	99,82
Пентландит*	–	–	–	–	–	33,69	35,07	–	30,68	–	–	99,43
Арсенопирит	–	–	–	–	–	17,35	30,49	48,61	2,48	1,76	–	100,69
Кобальтин*	–	–	–	–	–	18,48	9,55	45,02	10,07	16,87	–	100,29

Примечание. \* – впервые обнаруженные минералы, \*\* – по данным Г. Н. Гамянина [1, 2]. Анализы выполнены С. К. Поповой в ИГАБМ СО РАН на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6480LV с энергетическим спектрометром фирмы OXFORD. Условия съемки: напряжение 20 кВ, ток 17 нА. Аналитические линии: Cu, Fe, Zn–K<sub>α</sub>; Bi–M<sub>α</sub>; Te, Pb, Ag, Sb, S–L<sub>α</sub>. Эталоны: CuSbS–Cu, Sb, S; Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>–Bi; HgTe–Hg, Te; FeAsS–As; Ag 100 %.

### РЕДКОЗЕМЕЛЬНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ

Минералы редкоземельных элементов представлены группой монацита и алланита (табл. 2), встречаются в виде микроскопических зерен в рудовмещающих метасоматитах в ассоциации с цирконом, слюдами, урановыми минералами и Со- и Ni-содержащим арсенопиритом.

Таблица 2. Химический состав редкоземельных минералов (мас.%)

№ анализа	O	Al	Si	Ca	Fe	Ag	P	La	Ce	Nd	Сумма
<i>Группа алланита</i>											
1	38,81	9,99	15,86	8,15	7,15	–	–	4,84	8,98	3,96	97,74
2	36,82	9,11	15,18	8,9	8,57	–	–	5,33	11,44	–	95,35
4	37,94	8,38	15,42	8,91	8,51	–	–	5,17	8,2	3,3	95,83
<i>Группа монацита</i>											
8	27,74	–	–	0,99	–	1,73	12,64	14,73	28,66	10,16	96,65
9	23,86	–	–	–	–	–	12,43	16,23	28,31	12,76	93,6
13	25	–	–	–	–	–	12,45	16,25	29,26	10,14	93,09

Примечание. Анализы выполнены С. К. Поповой в ИГАБМ СО РАН на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6480LV с энергетическим спектрометром фирмы OXFORD.

## УРАНОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ

Минералы урана встречаются в ассоциации с редкоземельными минералами, шеелитом, цирконом и слюдами в рудовмещающих метасоматитах, представлены титанистой разновидностью и относятся к группе браннерита (табл. 3). Результаты пока предварительные.

Таблица 3. Химический состав минералов урана (мас.%)

№ анализа	U	Ti	Fe	Y	Nb	O	Сумма
1	6,41	26,16	18,48	5,51	7,57	35,54	99,66
6	20,12	22,11	5,31	9,84	12,39	30,58	101,31
7	20,93	19,51	2,9	9,07	12,54	31,74	97,6

*Примечание.* Анализы выполнены С. К. Поповой в ИГАБМ СО РАН на микроанализаторе «Самебах-міго».

Таким образом, оруденение Мугунского рудопроявления характеризуется полиформационностью и комплексной (Au-Ag-Te-Bi-REE-U) минерализацией. Редкоземельные минералы и особенно минералы урана требуют дальнейшего изучения. Их появление, вероятно, связано с магматической деятельностью.

*Работа выполнена частично в рамках партнерского проекта СО И ДВО РАН № 48.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гамянин Г.Н. Минералого-генетические аспекты золотого оруденения Верхояно-Колымских мезозоид. М.: ГЕОС, 2001. 221 с.
2. Гринберг Г.А., Бахарев А.Г., Гамянин Г.Н. и др. Гранитоиды Южного Верхоянья. М.: Наука, 1970. 216 с.