

1. *Волярович Г. П.* Типы месторождений золота и закономерности их размещения на Дальнем Востоке.— В кн.: Золоторудные формации Дальнего Востока. М.: Наука, 1969.
2. *Иванкин П. Ф. и др.* Атлас морфоструктур рудных полей.— М.: Недра, 1973.
3. *Ивсенен Ю. П., Левин В. И.* Генетические типы золотого оруденения золоторудных формаций.— В кн.: Золоторудные формации и геохимия золота Верхояно-Чукотской складчатой области. М.: Наука, 1975.
4. *Казанский В. И., Малиновский Е. П. и др.* Влияние структурных факторов на гидротермальное рудоотложение.— В кн.: Геологические структуры эндогенных рудных месторождений. М.: Наука, 1978.
5. *Константинов М. М., Зарудный Н. И., Косовец Т. Н.* Основы прогноза золотосеребряного оруденения в вулканических областях.— Сов. геол., 1981, № 2.
6. *Крейтер В. М.* Структуры рудных полей и месторождений.— М.: Недра, 1956.
7. *Лукин Л. И.* Структурные особенности формирования эндогенных рудных месторождений в различных структурных этапах и ярусах.— В кн.: Структурные условия формирования эндогенных рудных месторождений. М.: Наука, 1973.
8. *Лукин Л. И., Вольфсон Ф. И. и др.* Структурные условия эндогенного рудообразования. Состояние, проблемы и пути дальнейших исследований.— В кн.: Геологические структуры эндогенных рудных месторождений. М.: Наука, 1978.
9. *Маракушев А. А.* Геохимические особенности золота и условия его эндогенной концентрации.— В кн.: Геохимия золота. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978.
10. *Матвеевко В. Г.* Региональные закономерности образования во времени и размещения в пространстве золотого оруденения Северо-Западной части Тихоокеанского тектонического пояса.— В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 10. М.: Наука, 1978.
11. *Петровская Н. В.* Характер золотоносных минеральных ассоциаций и формации золотых руд СССР.— В кн.: Генетические проблемы руд. М.: Госгеолтехиздат, 1960.
12. *Рожков И. С.* Генетические типы месторождений золота и их положение в геотектонических структурах.— Геол. и геофиз., 1968, № 7.
13. *Сафонов Ю. Г.* Структуры жильных золоторудных месторождений различных глубинных уровней.— В кн.: Геологические структуры эндогенных рудных месторождений. М.: Наука, 1978.
14. *Сидоров А. А., Найборodin В. И.* Золотосеребряная формация Северо-Востока СССР.— В кн.: Условия образования и размещения золоторудных месторождений Сибири. Новосибирск: СО АН СССР, 1975.
15. *Тимофеевский Д. А.* Парагенетические минеральные ассоциации золота в месторождениях разных рудных формаций СССР.— В кн.: Минералогия золота. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1974.
16. *Шер С. Д.* Металлогения золота (Северная Америка, Австралия, Океания).— М.: Недра, 1972.
17. *Шер С. Д.* Металлогения золота (Евразия, Африка, Южная Америка).— М.: Недра, 1974.
18. *Шер С. Д., Гурейкин Н. Я.* Структурно-морфологические особенности и условия локализации золотого оруденения в терригенных толщах.— В кн.: Геологические структуры эндогенных рудных месторождений. М.: Наука, 1978.
19. *Шило Н. А.* Золоторудные месторождения метаморфогенной, плутоногенной и вулканогенной формации.— В кн.: Геохимические особенности месторождений полезных ископаемых на Северо-Востоке СССР. Магадан: ДВНЦ АН СССР, 1976.
20. *Щербатов Ю. Г.* Золотоносные рудные формации.— В кн.: Условия образования и размещения золоторудных месторождений Сибири. Новосибирск: СО АН СССР, 1975.
21. *Эйриш Л. В.* О связи золотого оруденения с магнитными гранитоидами (на примере Дальнего Востока).— Тихоокеанская геол., 1983, № 4.
22. *Эйриш Л. В.* О связи золотоносности с полями силы тяжести на Дальнем Востоке.— Там же, 1984, № 4.
23. *Эйриш Л. В., Ахмадулин В. А.* Показатели магнитности и щелочности гранитоидов — индикаторы золотого оруденения (на примере ряда районов Дальнего Востока).— Геол. и геофиз., 1984, № 6.

ДВИМС  
Хабаровск

Поступила в редакцию  
12 февраля 1985 г.

УДК 553.411

И. А. Загрузина, Г. С. Мирзеханов, В. К. Путинцев

## ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ СЕРЫ СУЛЬФИДОВ ОДНОГО РУДНОГО ПОЛЯ В АЛЛАХ-ЮНЬСКОМ РАЙОНЕ ЯКУТИИ

В пределах одного рудного поля в Аллах-Юньском районе изучен изотопный состав серы сульфидов различных морфогенетических типов. В пиритах из золотоносных кварцевых жил и зон окварцевания средний изотопный состав серы соответствует метеоритному стандарту ( $\delta^{34}\text{S}_{\text{средн}} = 0,0\%$  при разбросе значений от +1,1 до -3,1‰). Пириты из вмещающих нижнепермских осадочных пород характеризуются устойчивым

обогащением легким изотопом  $^{32}\text{S}$ , что позволяет говорить о частичном заимствовании серы из вмещающих пород. Изотопный состав серы пиритов рудного поля близок к таковому сульфидов многих других месторождений золотокварцевой формации на Востоке СССР. Однородный состав изотопов серы различных морфогенетических типов сульфидов указывает на единый, возможно мантийный, источник серы.

Рассматриваемое рудное поле находится в зоне сочленения сетте-дабанских структур и Южно-Верхоянского синклинория. Оно приуро-

чено к сильно дислоцированной осевой части крупной пологой синклинальной структуры (см. рисунок). Площадь рудного поля сложнее

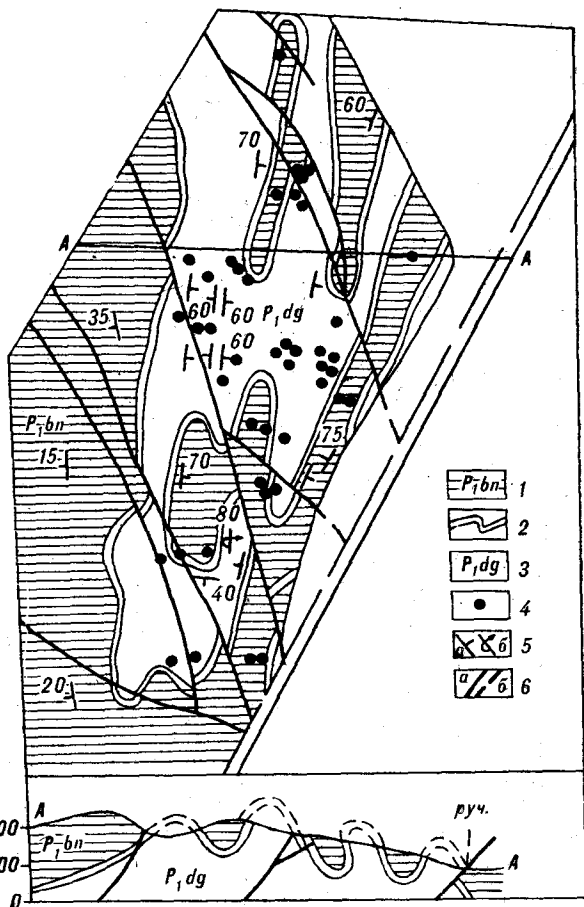


Схема геологического строения участка: 1 — осадочные породы бонсолчанской свиты ( $P_{7bn}$ ); 2 — пачка полимиктовых песчаников с рудоносными кварцевыми жилами и прожилками; 3 — осадочные породы джунтагинской свиты ( $P_{1dg}$ ) с рассеянной сульфидной минерализацией; 4 — места отбора проб сульфидов для изотопного анализа серы; 5 — элементы залегания пород: а — нормальное, б — опрокинутое; 6 — разломы: а — установленные, б — перекрытые рыхлыми отложениями.

на нижнепермскими углеродсодержащими осадочными породами, метаморфизованными в условиях начальной стадии фации зеленых сланцев. Отчетливо выделяются три крупные складки — Жаровская антиклиналь, Огонекская синклиналь, Восточная антиклиналь. Выявлена ундуляция их шарниров с углами погружения до  $40^\circ$ , что скорее всего связано с осложняющей поперечной складчатостью, более поздней относительно главного этапа дислокаций.

В пределах рудного поля известно более 80 даек лампрофирового ряда — керсантиты, вогезиты, единиты, камптоциты. Они имеют субширотное или северо-западное простирание и крутое падение ( $70-90^\circ$ ). По данным Н. И. Ненашева [7], преобладающее количество лампрофировых даек в Южном Верхоянье имеет возраст 135—166 млн. лет.

Зоны золотоносных кварцевых жил и прожилков в пределах рассматриваемого рудного поля отчетливо приурочиваются к пачке полимиктовых песчаников верхней подсвиты джунтагинской свиты раннепермского возраста. Они обычно имеют пластовый, реже секущий характер. Содержание в них сульфидов весьма незначительное. Рассматриваемым золоторудным проявлениям присущи все черты, характерные для образований золотокварцевой формации чистой линии (амурский тип, по М. К. Силичеву и Н. Г. Андрианову [10]). Месторождения золотокварцевой формации такого типа характерны для Востока СССР, особенности их описаны в литературе [3, 6, 9, 13].

О возрасте золоторудных проявлений в Аллах-Юньском районе и связи их с магматизмом до сих пор нет единого мнения. По заключению Г. А. Гринберга и ряда других исследователей [1, 2], месторождения золотокварцевой формации связаны с позднеюрскими — раннемеловыми гранитоидными батолитами, а согласно Ю. Н. Трушкову [11] — с очагами позднемезозойской гранитизации вообще. Авторы [10] считают вероятным более ранний возраст золоторудных проявлений амурского типа по сравнению с добатолитовыми дайками и отрицают их связь с магматизмом. Н. И. Ненашев полагает, что в Аллах-Юньском районе находятся золотоносные кварцевые жилы разного возраста, наиболее ранние из которых имеют возраст 287 млн. лет (граница карбона и перми), а наиболее поздние — 134 млн. лет [5, 7]. Однако большая часть радиологических датировок приходится на среднюю — позднюю юру. На обширном материале Яно-Колымской и Чукотской мезозойских складчатых систем было показано, что проявления золотокварцевой формации, близкие по своим особенностям к амурскому типу, образовались преимущественно в конце юры — начале раннего мела в диапазоне 138—166 млн. лет [3].

Наиболее типичным из сульфидных минералов для рудопроявлений золотокварцевой формации амурского типа в Аллах-Юньском районе является пирит. В пределах рассматриваемого рудного поля обильная сульфидная (пирит-марказитовая) минерализация наблюдается и во вмещающих породах — углеродсодержащей песчаносланцевой толще раннепермского возраста, особенно вдоль узкой зоны интенсивных дислокаций (см. рисунок).

Минералогическое исследование позволило выделить семь главных морфогенетических типов сульфидов: 1) конкреции мелкозернистого марказита округлой или удлиненно-уплощенной формы размером до 8 см, ориентированные по напластованию слабеметаморфизованных алевросланцев нижней подсвиты бонсолчанской свиты раннепермского возраста; 2) ку-

**Изотопный состав серы сульфидов**

Номер образца	$\delta^{34}\text{S}$ , ‰	Минерал	Геологическое положение	Номер образца	$\delta^{34}\text{S}$ , ‰	Минерал	Геологическое положение				
1133	1,2	Пирит, 2-й тип	Нижнепермские осадочные породы в ядрах синклиналей, рассеянная вкрапленность	1192	-0,4	Пирит, 4й тип	Кварцевые жилы, зоны окварцевания в нижнепермских осадочных породах				
1136	+0,2			1220-8	+1,1						
1201-24	-3,0			P-20	+1,1						
1214	-1,8			P-20-2	+0,5						
2107	-3,5			P-20-4	-3,1						
2120-2	-2,2			P-21	+0,8						
2125	-1,3			Среднее	0,0						
1202-4	-1,6				1220-8			+0,7	Галенит, 4-й тип	То же	
2127	-1,5				P-21			-4,4	Сфалерит, 4-й тип		
Среднее	-1,8			Пирит, 3-й тип	То же			1202-3	-1,9	Пирит, 5-й тип	В зонах разрывных нарушений и вблизи контактов с дайками
1152	-3,3	2123	+0,5								
1153	-1,6	2123-4	-1,8								
1158	-3,2	2132-2	+0,7								
1161-1	-2,4	2129	-1,2								
1161	-2,7	2129-3	+1,1								
1184-2	+2,4	Среднее	-0,6								
1194	-0,7		2117-3			-2,0	Пирит, 6-й тип	Прожилки, секущие дайки лампрофиров. Экзоконтактные зоны лампрофировых даек в осадочных породах			
1199	-1,5		2117-6			-5,7	Пирит, 7-й тип				
1201	-4,1	1188	+1,1								
1216	-2,2	1210	-1,2								
2106	-2,8										
K-18	-4,9										
Среднее	-2,3										

бические кристаллы пирита и их сростки размером 0,3—1,0 см в поперечнике, без штриховки на гранях, типичные для нижних горизонтов бонсолчанской свиты; 3) кубические кристаллы пирита и их сростки до 3 см в поперечнике в алевросланцах нижней подсвиты джуптагинской свиты раннепермского возраста; 4) различные сульфиды (пирит, арсенопирит, галенит, сфалерит) в кварцевых прожилках, приуроченных к пачке полимиктовых песчаников джуптагинской свиты. Для пирита типичны кубические кристаллы с ясно выраженной штриховкой, часто осложненные гранями октаэдра; 5) пириты и конкреции марказита, приуроченные к зоне разрывных нарушений, несущие следы наложенных деформаций и борозды скольжения; 6) пириты из маломощных (1—3 мм) прожилков, секущих дайки лампрофиров в эндо- и экзоконтактных зонах; 7) выделения пирита округлой формы до 0,5 см в поперечнике в осадочных породах раннепермского возраста в экзоконтактных зонах лампрофировых даек.

Охарактеризованные типы сульфидов существенно различаются не только по морфологическим особенностям, но и по комплексу элементов-примесей, установленному по данным спектрального анализа (данные Г. С. Мирзаханова).

Изотопный состав серы сульфидов определялся в Отделе изотопной геохимии и геохронологии ВСЕГЕИ по общепринятой методике [12]. Измерения производились на масс-спектрометре МИ-1309 с погрешностью  $\pm 0,5\%$ . Бы-

ли проанализированы все выше охарактеризованные типы сульфидов, за исключением марказитов из нижнепермских осадочных пород наиболее высоких стратиграфических горизонтов в ядрах синклиналей (1-й тип), вследствие недостаточного количества материала. Изотопный состав серы галенита и сфалерита, определенный по единичным пробам, также нельзя считать достаточно представительным. Что касается пиритов, то все их разновидности изучены по нескольким пробам. На этом материале базируются основные выводы.

Изотопный состав серы сульфидов рассматриваемого рудного поля оказался весьма однородным (см. таблицу). В пиритах из кварцевых жил и зон окварцевания (4-й тип)  $\delta^{34}\text{S}$  варьирует от +1,1 до -3,1‰, диапазон вариаций 4,2‰, среднее по шести анализам  $\delta^{34}\text{S}$  равно 0,0‰, т. е. точно соответствует метеоритному стандарту. Пириты из зон разрывных нарушений и вблизи контактов с дайками (5-й и 6-й типы) характеризуются практически таким же изотопным составом серы:  $\delta^{34}\text{S}$  варьирует от +1,1 до -1,9‰, диапазон вариаций 3‰, среднее  $\delta^{34}\text{S}$  по шести пробам равно 0,6‰, т. е. очень близко к метеоритному стандарту. В обоих случаях наблюдается обогащение серы как легким  $^{32}\text{S}$ , так и тяжелым  $^{34}\text{S}$  изотопом примерно в равной мере.

Изотопный состав серы пиритов из нижнепермских осадочных пород, вмещающих кварцевые жилы, прожилки и зоны окварцевания, характеризуется постепенным устойчивым обо-

гащением легким изотопом  $^{32}\text{S}$ . В пиритах из осадочных пород в ядрах синклиналей (2-й тип)  $\delta^{34}\text{S}$  варьирует от +0,8 до -3,5‰ при среднем значении по девяти пробам — 1,8‰ и диапазоне вариаций 4,3‰. В пиритах из осадочных пород в ядрах антиклиналей (3-й тип)  $\delta^{34}\text{S}$  колеблется от +2,4 до -4,9‰, среднее значение по 12 пробам — 2,3‰, диапазон вариаций 7,3‰. Таким образом, пириты из ядер антиклиналей более обогащены легким изотопом серы по сравнению с пиритами из ядер синклиналей и особенно из кварцевых жил и прожилков.

Несмотря на отмеченные различия, в целом изотопный состав серы всех пиритов рудного поля достаточно близок к метеоритному стандарту и достаточно выдержан, что свидетельствует о гомогенном, высокотемпературном источнике серы — скорее всего, глубинном. Особенно это касается пиритов из кварцевых жил и зон окварцевания (4-й тип), средний изотопный состав серы которых практически отвечает метеоритному стандарту. Однако устойчивое обогащение серы пиритов из всех нижнепермских осадочных пород легким изотопом  $^{32}\text{S}$  позволяет говорить о частичном заимствовании серы из вмещающих пород, хотя и в очень небольших масштабах. Можно предполагать, что в пределах рассматриваемого рудного поля гидротермальные растворы разных

этапов различались по изотопным характеристикам серы весьма незначительно.

Следует отметить, что изотопный состав серы сульфидов рудного поля достаточно близок к таковому сульфидов многих других месторождений золотокварцевой формации на Востоке СССР [4]. Во всех случаях изотопный состав серы, близкий к метеоритному стандарту при малых разбросах значений  $\delta^{34}\text{S}$ , не противоречит представлениям о глубинном источнике серы. Эти данные хорошо согласуются с мнением ряда ведущих специалистов по металлогении золота о глубинном источнике золоторудных месторождений [9, 13]. В пользу таких представлений говорят частая оторванность золоторудной минерализации от проявлений внутрикорового магматизма, большое разнообразие обстановок, в которых формируются золоторудные проявления, наличие протяженных трансрегиональных линейных золоторудных поясов и ряд других факторов [13]. Однако некоторые исследователи [8] указывают на возможность различной интерпретации данных изотопного состава серы сульфидов. Однородный состав серы различных морфогенетических типов пиритов рудного поля может служить показателем единого, возможно мантийного, источника серы сульфидной минерализации углеродисто-терригенных отложений и кварцевых жил.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гринберг Г. А. Позднемезозойские формации гранитоидов Северо-Востока СССР. — В кн.: Магматизм Северо-Востока СССР. М.: Наука, 1973.
2. Гринберг Г. А., Базарев А. Г. и др. Гранитоиды Южного Верхоянья. — М.: Наука, 1970.
3. Загрузина И. А. Геохронология мезозойских гранитоидов Северо-Востока СССР. — М.: Наука, 1977.
4. Загрузина И. А., Голубчина М. Н. Изотопный состав серы сульфидов в золоторудных месторождениях Востока СССР. — В кн.: Эндогенные процессы и металлогения в зоне БАМ. Новосибирск: Наука, 1982.
5. Зайцев А. И., Ненашев Н. И., Шилин А. И. О возрасте золотоносных кварцевых жил Аллах-Юньского района (Южное Верхоянье). — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1973, № 4.
6. Казаринов А. И. Новые данные по стратиграфии, магматизму и тектонике центральной и южной частей Аллах-Юньской золотоносной полосы. (Тр. ЦНИГРИ, 1970, вып. 30).
7. Ненашев Н. И. Магматизм и развитие рудномагматических узлов Восточной Якутии. — Новосибирск: Наука, 1979.
8. Рай Р., Омото Х. Обзор исследований изотопов серы и углерода применительно к проблеме генезиса руд. — В кн.: Стабильные изотопы и проблемы рудообразования. М.: Мир, 1977.
9. Рудные месторождения СССР. Т. III. — М.: Недра, 1978.
10. Силичев М. К., Андрианов Н. Г. Структурно-геохимические принципы прогнозирования золоторудных месторождений Южно-Верхоянского синклидора. — В кн.: Вопросы рудоносности Якутии. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1974.
11. Трушков Ю. Н. Условия формирования и закономерности распределения россыпей в мезозоиде Якутии. — М.: Наука, 1971.
12. Устинов В. И., Гриненко В. А. Прецизионный масс-спектрометрический метод определения изотопного состава серы. — М.: Наука, 1965.
13. Шило Н. А. К проблеме систематики золоторудных месторождений. — В кн.: Проблема геохимии эндогенных процессов. Новосибирск: Наука, 1977.

ДВИМС, Хабаровск  
ВСЕГЕИ, Ленинград

Поступила в редакцию  
11 октября 1984 г.