

ИЗОТОПНЫЕ И ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УГЛЕРОДИСТО-ГЛИНИСТЫХ СЛАНЦЕВ В СЛОЖНОДИСЛОЦИРОВАННЫХ ЗОНАХ ЗАПАДНОГО СКЛОНА ЮЖНОГО УРАЛА

Изучение углеродисто-глинистых сланцев докембрия западного склона Южного Урала [Рыкус и др., 1993; Ковалев и др., 1997] позволило установить в них повышенные концентрации золота и ЭПГ. При этом установлено, что надкларковые содержания золота в рифейских терригенно-сланцевых отложениях подчинены структурному контролю и зависят от количества примеси сульфидов и углерода [Рыкус, 1995]. Это подтвердилось дальнейшими исследованиями [Ковалев и др., 1999], в результате которых было установлено, что в сложнодислоцированных зонах углеродисто-глинистые сланцы приурочены к тектоническим нарушениям, которые, как правило, трассируются дайками магматических пород. При рассмотрении механизмов образования благороднометальной специализации черносланцевых толщ С.Г. Ковалевым с соавторами [1999] делается вывод о возможном мантийном источнике металлов, привнос которых осуществлялся интрателлурическими восстановленными флюидами. Для проверки этого вывода нами были проведены изотопные и термобарогеохимические исследования сложнодислоцированных черносланцевых отложений Узянско-Кагармановской зоны западного склона Южного Урала.

Термобарогеохимическими методами (анализ общей газонасыщенности пород и вакуумная декрепитация) изучалась возможность флюидной проработки пород. Для определения генетической природы сульфидов, содержащихся в породах Узянско-Кагармановской зоны, и вероятного источника S этих сульфидов было проведено изучение изотопного состава серы.

Геологическое положение

Узянско-Кагармановская зона расположена в юго-восточной части региона в полосе развития пород авзянской (R_2) и зильмердакской (R_3) свит, вблизи контакта докембрийских образований Башкирского мегантиклинория с палеозойским обрамлением. В пределах зоны нами изучены два разреза — Кагармановский и Узянский, геологическое строение которых детально описано ранее [Ковалев и др., 1999].

Кагармановский разрез обнажен в скальном выходе дорожной выемки трассы Белорецк — Бурзян в 200 м юго-западнее пос. Кагарманово, где распространены терригенные породы зильмердакской свиты верхнего рифея — песчаники, алевролиты, глинистые и углеродисто-глинистые сланцы (рис. 1 А).

Узянский разрез расположен в 6 км северо-восточнее пос. Кагарманово, где в западном борту дорожной выемки обнажена толща углеродсодержащих сланцев, среди которых залегает дайка габбро-диабазов.

Методика исследований

Измерения изотопного состава серы выполнены на масс-спектрометре МИ-1201 с воспроизводимостью $\pm 0,3\%$. Подготовка проб для изотопного анализа состояла из следующих операций: 1. Дробление пород до фракций размером 0,5–0,25 мм и меньше. 2. Разделение фракций в тяжелой жидкости. Фракция меньше 0,25 мм предварительно отмучивалась. 3. Отбор чистой монофракции сульфидов под микроскопом. Выполнение всех операций сопровождалось взвешиванием, и по количеству полученных сульфидов рассчитывалось их процентное содержание в пробе. 4. Серу сульфидов переводили в SO_2 по стандартной методике [Устинов, Гриненко, 1965].

Вакуумная декрепитация проводилась при рабочем режиме давления $\sim 2-5$ Ра. Навеска пробы — 1 г, размер зерен — 0,5–0,25 мм. Линейный нагрев в интервале температур от 20 до $\sim 800^\circ C$ проводился со скоростью $25^\circ C$ в мин., так как ранее было установлено [Хотеев, 1980], что при скорости нагрева $20-40^\circ C$ в мин. температуры декрепитации наиболее близки к температурам гомогенизации. Некоторые образцы исследовались дважды — при скоростях нагрева 25 и $10^\circ C$, поскольку в последнем случае несколько повышается чувствительность метода. Интенсивность газовой выделенности оценивалась в условных единицах [Бобохов, Бобохова, 1990]. За условную единицу был принят 1 мм высоты пика увеличения давления на декрепитобарограмме. Пробы пород для декрепитационного анализа предварительно освобождались от сульфидов.

При интерпретации декрепитобарограмм пород использовались данные термического анализа, который проводился на дериватографе Q-1500 (МОН, Венгрия). Нагрев осуществлялся в воздушной среде от 20 до $1000^\circ C$ со скоростью $10^\circ C$ в мин.

Для количественной оценки (в PV единицах) газонасыщенности пород Кагармановского разреза, был модифицирован известный в вакуумной технике метод измерения потока разреженного газа, так называемый метод накопления с изолируемым манометрическим преобразователем [Пипко и др., 1979]. Измерение проводилось по монофракциям кварца из пород, который предварительно

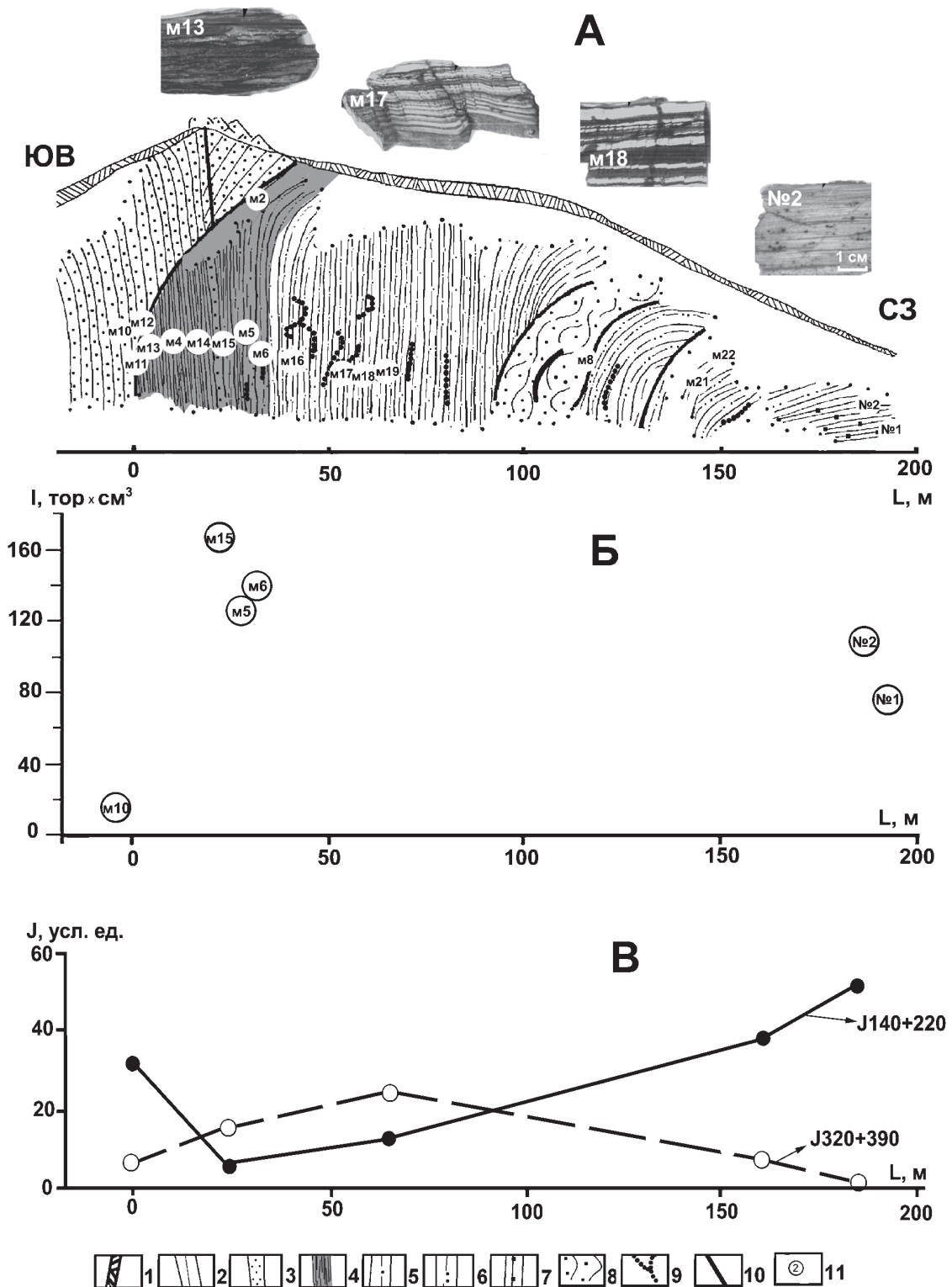


Рис. 1. А – Кагармановский разрез (по С.Г. Ковалеву и др. [1999], с изменениями); Б – количество газов из включений в зернах кварца из пород Кагармановского разреза; В – интенсивность газовой выделения пород Кагармановского разреза при температурах 140–290 и 320–440°С

Условные обозначения. 1 – почвенно-растительный слой; 2 – глинистые сланцы с редкими прослоями алевролитов; 3 – песчаники и «окварцованные» породы; 4 – углеродсодержащие черные сланцы; 5 – зеленые алевросланцы и сланцы; 6 – серицитизированные глинистые сланцы с линзами кварц-карбонатного материала; 7 – глинистые сланцы и песчаники с «сингенетичным» пиритом; 8 – тектонизированные кварцитопесчаники; 9 – кварцевые жилы; 10 – тектонические нарушения; 11 – номера образцов. L – расстояние от тектонического нарушения; I – количество газов из ГЖВ в 1 г кварца; J – интенсивность газовой выделения: J140+220 – при температурах 140–290°С; J320–390 – при температурах 320–440°С. Средние значения интенсивности газовой выделения вычислены: для интервала 0–1 м по образцам м11 и м12; для интервала 5–30 м по образцам м2, м4, м13, м14, м15; для интервала 40–70 м по образцам м16, м17, м18, м19; для интервала 120–160 м по образцам м8, м21, м22; для интервала 180–190 м по образцам №1 и №2.

обрабатывался кислотами для удаления возможных микропримесей карбонатов и сульфидов по методикам, предложенным Г.Б. Наумовым и др. [1983] и Н.Н. Колпаковой и др. [1988]. Измерение газонасыщенности проводилось на установке, состоящей из кварцевого реактора, стеклянной ампулы для вымораживания газов и баллона объемом около 300 см³, соединенного с вакуумным насосом. Контроль давления осуществлялся манометрическим преобразователем ПМТ-4М. Измерение проводили следующим образом. Образец навеской 50–300 мг фракции 0,5–0,25 мм помещали в кварцевый реактор, который затем откачивали до ~ 1,5·10⁻² мм рт. ст. и дегазировали при ~120°C в течение 0,5–1,5 часов. Затем откачку перекрывали, на кварцевый реактор надвигали печь при температуре 450°C и выделяющиеся газы вымораживали жидким азотом в стеклянную ампулу. Через 5–15 мин. кварцевый реактор закрывали, ампулу размораживали, и газ перепускали в баллон, где определяли его количество. После измерения образец охлаждали до комнатной температуры и в систему напускали воздух на ~0,5 часа. Затем вновь проводили все операции с этим же образцом, строго соблюдая температурные и временные условия предыдущего измерения для того, чтобы количественно учесть влияние адсорбированных газов и атмосферной натечки. Полученную разницу между первым и вторым измерениями принимали за количество газов, выделенных в результате разрушения газовой-жидких включений в кварце.

Кроме того, был изучен состав выделяющихся газов при нагреве одного из образцов (навеска — 1,5 г, фракция 0,5–0,25 мм). Газы отбирались в ампулы при ступенчатом повышении температуры нагрева. Состав газов определяли на масс-спектрометре МИ-1201. Масс-спектр снимали при входном сопротивлении в электрометрическом усилителе, равном 100 ГОм. Периодической настройкой источника ионов масс-спектрометра на известное количество «стандартного» газа (СО₂) соблюдали одинаковый режим измерения интенсивностей линий спектра масс газа из каждой ампулы. Н₂О в составе газов из-за технических сложностей измерения не определяли.

Результаты и их обсуждение

Декрепитационными исследованиями пород Кагармановского разреза выявлены следующие

температурные интервалы интенсивного газоотделения: 40–125, 140–190, 220–290, 320–380, 390–440, 450–530, 560–630 и 675–780°C. Начальные и конечные границы интервалов достаточно условны, так как в каждом образце они несколько (±20°C) варьируют.

По данным термического анализа на термограммах этих пород проявляются четкие эффекты кварца и пирита при температурах ~570 и 450–480°C соответственно. Небольшие эффекты, которые можно обозначить как следы глинистых, гидрослюдистых минералов, фиксируются при 70 и 550°C. Кроме того, почти во всех пробах происходит заметная потеря веса при температуре свыше 700°C.

Если сравнить данные декрепитационного и термического анализов между собой, то отчетливо видно совпадение температур термических эффектов с температурами интенсивного газоотделения при декрепитации, то есть при температурах 40–120 и 450–780°C дегазация пород Кагармановского разреза связана с разложением, дегидратацией или полиморфными превращениями минералов. Вместе с тем, отсутствие термических эффектов при 140–440°C, свидетельствует, что в этом температурном интервале интенсивное газовыделение при декрепитации происходит из-за разрушения газовой-жидких включений (ГЖВ). Этот вывод подтверждается при сравнении интенсивности газовыделения из раздробленной (0,5–0,25 мм) и из истертой пробы одного и того же образца (табл. 1). Истирание до ~0,005 мм привело, по всей видимости, к механическому уничтожению ГЖВ, поэтому интенсивность газовыделения истертой пробы при 190–455°C резко сократилась. Вместе с тем, при температурах до 130 и свыше 470°C интенсивности газовыделения раздробленной и истертой проб практически одинаковы, что указывает на связь газовыделения с разложением, дегидратацией или полиморфными превращениями минералов.

Продолжающееся газовыделение при нагревании истертой пробы в интервалах температур 330–370 и 375–465°C свидетельствует или о термическом вскрытии микроскопических ГЖВ, не уничтоженных в результате истирания, или о начинающемся разложении примесей сульфидов. А.В. Кокин [1981] отмечает, что в вакууме сульфиды разлагаются, начиная с 415°C. Действительно, при декрепитации пород мы наблюдали, как при температуре 430°C на холодной части трубки декрепитометра появляется небольшой желтовато-серый налет,

Таблица 1

Сравнение интенсивностей газовыделения раздробленного и истертого образца м16

Температура, °C	30-135	190-290	330-370	375-455	470-540	545-610	670-780
J _{0,5-0,25} , усл. ед.	144	26,5	9	58	17	27	13,5
J _{0,005} , усл. ед.	134	0,5	2	8	13,5	19	13,5

Примечание. J_{0,5-0,25} – интенсивность газовыделения раздробленной пробы; J_{0,005} – интенсивность газовыделения истертой пробы. Скорость нагрева – 10°C в мин.

образование которого характерно для разложения сульфидов. Однако вклад газовой составляющей, связанной с этим процессом при температурах до 450–460°C, в общее газовыделение из ГЖВ пород был невелик. Это подтверждается незначительным повышением содержания оксида и диоксида серы в составе выделяющихся газов при 370–455°C (табл. 2). Кроме того, декрепитация монофракции сульфидов (пирит + пирротин) показала, что их активное разложение в вакууме происходит при 470–540°C.

Таким образом, можно утверждать, что в породах Кагармановского разреза присутствуют газовой-жидкие включения, декрепитация которых происходит при 140–440°C. Более того, по начальным температурам массовой декрепитации ГЖВ — 140, 220, 320 и 390°C — можно судить о температурах водно-газовых флюидов, в результате деятельности которых эти включения образовались, поскольку установлено [Наумов, 1968; Пашков, 1980; Г.Б. Наумов, В.Б. Наумов, 1980], что именно начальные температуры массовой декрепитации ГЖВ отвечают температурам их гомогенизации и, с небольшой поправкой (± 20 –40°C), температурам минералообразующих растворов.

Чтобы оценить, насколько сильно породы Кагармановского разреза подверглись флюидной проработке, рассмотрим данные о содержании газа в кварце из этих пород (рис. 1 Б): 1. Количество газов в кварцевых песчаниках юго-восточной части разреза (до тектонического нарушения) минималь-

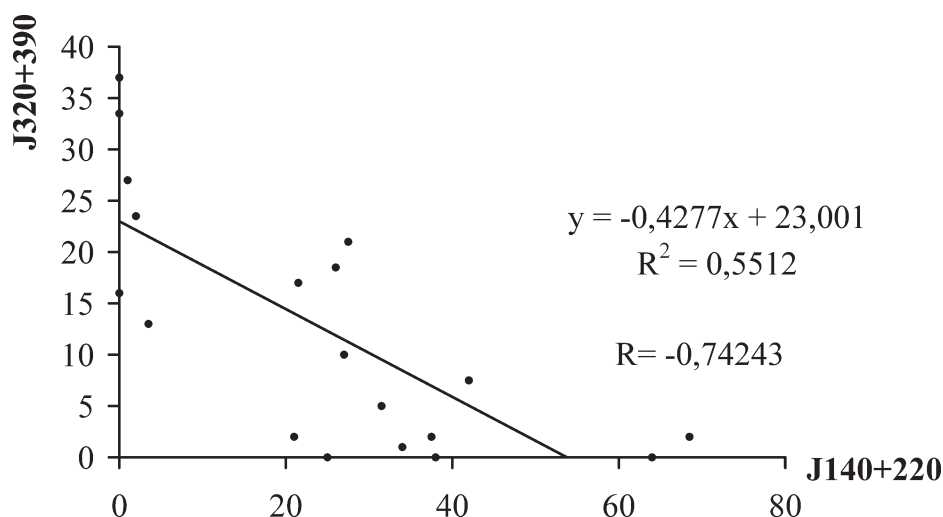
но и составляет 16,4 тор·см³/г или 21,6 мл/кг кварца. 2. Количество газов в северо-западном направлении резко возрастает в черных сланцах сразу после тектонического нарушения (123–162,4 тор·см³/г или 161,8–213,7 мл/кг кварца) и постепенно уменьшается по мере удаления от него (77,5–102,6 тор·см³/г или 102–135 мл/кг кварца). То есть, если принять газонасыщенность образца из юго-восточной части как «фоновую», то легко подсчитать, что количество газов в северо-западной части разреза существенно, почти на порядок, больше. Это явно свидетельствует о значительном воздействии флюидов на породы северо-западной части Кагармановского разреза.

Далее, если рассмотреть, как распределены средние интенсивности термодегазации пород Кагармановского разреза (рис. 1 В), то отчетливо видны определенные закономерности в изменении декрепитационной активности по разрезу: 1. По удалении от тектонического нарушения (нулевая точка на рисунке) в северо-западном направлении интенсивность газовыделения при температурах 320–380 и 390–440°C сначала несколько увеличивается, а затем уменьшается вплоть до нулевых значений. 2. Интенсивность газовыделения при температурах 140–290°C находится в обратной зависимости с декрепитационной активностью при температурах 320–440°C (рис. 1 В и рис. 2). Установленные закономерности можно объяснить постепенным снижением температуры флюидов при их воздействии на породы.

Таблица 2

Состав газов (в % от суммы), выделенных при нагревании образца м16

Массовое число	Наиболее вероятное соединение, химическая формула	Температурные интервалы, °C			
		170-220	220-290	290-360	370-455
28	N ₂ , CO	1,0	4,2	8,7	8,8
32	O ₂ ?	3,7	20,4	13,8	11,6
44	CO ₂	90,6	70,9	63,1	61,9
48	SO	3,5	3,5	7,5	8,6
64	SO ₂	1,2	1,1	6,9	9,1



Таким образом, полученные нами данные свидетельствуют о значительной флюидной проработке пород Кагармановского разреза, которая происходила, по нашему мнению, при движении флюидов по ослабленной зоне тектонического нарушения и их воздействию на породы при постепенном понижении как температуры с ~390–320 до ~220–140°C, так и степени самого воздействия. Именно поэтому на фоне общего снижения количества газов, фиксируемых при декрепитации пород, по мере удаления от тектонического нарушения, в последних устанавливается только низкотемпературное (220–140°C) газоотделение.

Анализ данных по изотопному составу серы (ИСС) сульфидов и их содержанию в породах Узьянско-Кагармановской зоны (табл. 3) позволяет сделать следующие выводы: 1. ИСС сульфидов из углеродисто-глинистых сланцев характеризуется только положительными (с небольшим разбросом) значениями $\delta^{34}\text{S}$ (от +8,9 до +16,4‰, $\delta^{34}\text{S}_{\text{ср}} = 12,7‰$) и указывает на сульфатный источник серы [Виноградов, 1980]. 2. В углеродисто-глинистых сланцах отмечается максимальное количество сульфидов по сравнению с другими породами. 3. $\delta^{34}\text{S}$ сульфидов из дайки габбро-диабазов (–2‰) отвечает значениям мантийной серы (от –3 до +3‰ по Л.Н. Гриненко [1986]). 4. ИСС сульфидов пород Кагармановского разреза изменяется направленно — по мере удаления от тектонического нарушения доля легкого изотопа ^{32}S возрастает (табл. 3 и рис. 1 А). 5. В этом же направлении уменьшается количество сульфидов (табл. 3 и рис. 1 А).

Небольшой разброс значений ИСС, их направленное изменение и связь с содержанием сульфидов в породах (рис. 3) свидетельствуют об эпигенетическом образовании или преобразовании сульфидов [Виноградов, 1980]. Отличие значений $\delta^{34}\text{S}$ в сульфидах из углеродисто-глинистых сланцев и из габбро-диабазов позволяет предположить, что после внедрения дайки габбро-диабазов никаких существенных метаморфо-метасоматических процессов в Узьянско-Кагармановской зоне не происходило. В противном случае изотопный состав серы в сульфидах был бы усреднен.

Обращает на себя внимание, что максимальные содержания сульфидов (табл. 3) приурочены к северо-западной части Кагармановского разреза (рис. 1 А), то есть к той части разреза, которая подверглась, как нами установлено, максимальному воздействию флюидов. Это обстоятельство, а также то, что в составе газов ГЖВ во всем температурном интервале (от 170 до 455°C) отмечается присутствие оксида и диоксида серы (табл. 2), позволяет предположить, что образование сульфидов непосредственно связано с деятельностью флюидов. Довольно высокие положительные значения $\delta^{34}\text{S}$ в сульфидах углеродисто-глинистых сланцев не противоречат такому предположению и могут свидетельствовать лишь о «загрязнении» флюидов при прохождении через сульфатные отложения осадочных пород [Гриненко и др., 2003]. А постепенное облегчение изотопного состава серы в северо-западном направлении по разрезу объясняется, по всей видимости, смешением изотопно тяжелой сульфатной серы с серой осадочно-диагенетичес-

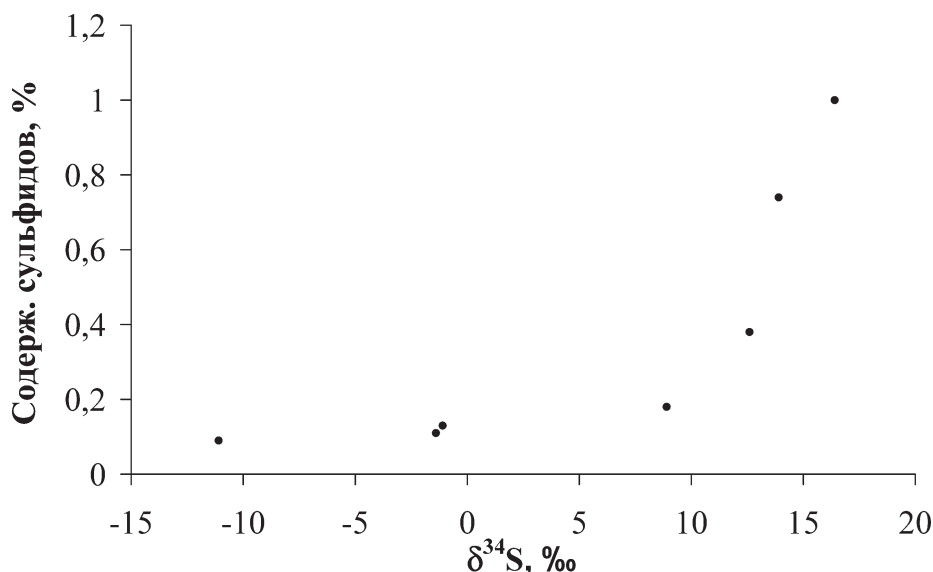
Таблица 3

Изотопный состав серы сульфидов, содержание сульфидов и углерода в породах Узьянско-Кагармановской зоны

Место отбора образца. Название породы	Номер образца	$\delta^{34}\text{S}, ‰$	Содержание сульфидов, %	Содержание углерода, %
Кагармановский разрез. Кварцевый песчаник.	м10	не опр.	0,002	0,0
Кагармановский разрез. Углеродисто-глинистый сланец.	м2	+13,9	0,74	не опр.
То же	м13	+16,4	> 1,0	2,6
То же	м4	+12,0	не опр.	не опр.
То же	м14	+12,6	0,38	не опр.
То же	м15	+8,9	0,18	0,4
Кагармановский разрез. Кварцевый метасоматит	м5	+16,2	0,05	не опр.
То же	м6	+10,1	0,05	не опр.
Кагармановский разрез. Алевросланец.	м16а	- 1,4	0,11	не опр.
То же	м16б	- 1,1	0,13	не опр.
То же	м17	- 11,1	0,09	1,3
То же	м18	не опр.	0,002	не опр.
То же	м19	не опр.	0,002	1,0
То же	м22	не опр.	не опр.	0,9
Кагармановский разрез. Алевропесчаник.	№2	не опр.	не опр.	0,9
Узьянский разрез. Углеродисто-глинистый сланец.	м60	+12,0	> 3,0	не опр.
Узьянский разрез. Габбро-диабаз.	м62	- 2,0	не опр.	не опр.
То же	к1	- 2,0	не опр.	не опр.

Примечание. Содержание углерода определено в Институте химии УНЦ РАН (аналитик Яковлева А.А.) методом сжигания в полузамкнутой зоне в быстром токе кислорода. Точность метода $\pm 0,3\%$.

Рис.3. Связь изотопного состава серы сульфидов с их содержанием в углеродисто-глинистых сланцах Кагармановского разреза



ких сульфидов, которые, как правило, характеризуются большими отрицательными значениями $\delta^{34}\text{S}$ [Виноградов, 1980].

Таким образом, учитывая данные всех проведенных нами исследований, можно утверждать, что образование сульфидов углеродисто-глинистых сланцев Узянско-Кагармановской зоны непосредственно связано с деятельностью флюидов.

В заключение хотелось бы высказать несколько соображений по поводу возможной генетической природы этих флюидов.

Как мы уже отмечали, ранее было установлено, что углеродисто-глинистые сланцы, содержащие повышенные концентрации золота и платиноидов, в сложнодислоцированных зонах западного склона Южного Урала развиваются вдоль тектонических нарушений, которые, как правило, трасируются дайками магматических пород. При этом предполагалось, что наиболее вероятным источником металлов являлась верхняя мантия, а их перенос осуществлялся восстановленными мантийными флюидами. Отметим, что сопряженный перенос Au, Pt и углерода восстановленными мантийными флюидами на конкретных геологических объектах был доказан Ф.А. Летниковым и др. [1996].

Если проанализировать состав газов ГЖВ (табл. 2), присутствующих в породах Кагармановского разреза, то можно отметить, что в составе газов, выделяющихся при высоких температурах (290–455°C), концентрация $\text{N}_2 + \text{CO}$ повышена, а CO_2 понижена относительно их содержаний в низкотемпературных газах (170–290°C). Это явно свидетельствует о более восстановленном характере первых высокотемпературных порций флюидов, которые по мере остывания постепенно окислялись с увеличением доли CO_2 в своем составе. Кроме того, повышенные концентрации азота высокотемпературных газов ГЖВ могут свидетельствовать об изначально глубинной природе этих газов [Томсон и др., 1993].

Далее, следует обратить внимание на то, что флюиды, воздействие которых на породы Кагармановского разреза нами установлено, имели начальные температуры ~390–320°C. Такие довольно

высокие температуры позволяют предполагать эндогенную природу флюидов, так как температуры постдиагенетических изменений рифейских пород Башкирского мегантиклинория, по данным Л.В. Анфимова [1997], в верхах разреза (R_3) были 80–90°C (начало глубинного катагенеза) и только в низах (R_1) достигали 280–290°C (метагенез). Кроме того, В.Н. Пучков [2000] отмечает, что эти породы в палеозое не нагревались выше 200°C, поскольку в них сохраняются докембрийские Ag–Ag соотношения.

Таким образом, все полученные нами данные подтверждают сделанный ранее [Ковалев и др., 1999] вывод о том, что благороднометалльная специализация черносланцевых толщ в сложнодислоцированных зонах могла быть связана с деятельностью интрателлурических восстановленных флюидов.

Выводы

1. В породах Кагармановского разреза присутствуют газово-жидкие включения, массовая декрепитация которых начинается при 140, 220, 320 и 390°C. Эти температуры в определенной мере (± 20 –40°C) отражают температуры водно-газовых флюидов, в результате деятельности которых в породах Кагармановского разреза образовались ГЖВ.

2. Характер распределения содержаний газов ГЖВ в породах Кагармановского разреза свидетельствует о значительной флюидной проработке последних. Водно-газовые флюиды проникали по ослабленной зоне тектонического нарушения, и по мере удаления от него их температура понижалась с ~390–320 до ~220–140°C.

3. Изотопный состав серы сульфидов углеродисто-глинистых сланцев Узянско-Кагармановской зоны характеризуется только положительными (с небольшим разбросом) значениями $d^{34}\text{S}$ (от +8,9 до +16,4 ‰, $d^{34}\text{S}_{\text{cp}} = +12,7 ‰$) и указывает на

сульфатный источник серы. В углеродисто-глинистых сланцах по сравнению с другими породами отмечается максимальное содержание сульфидов.

4. $d^{34}\text{S}$ сульфидов из дайки габбро-диабазов (-2%) отвечает значениям мантийной серы. Отличие значений $d^{34}\text{S}$ сульфидов из углеродисто-глинистых сланцев и из габбро-диабазов свидетельствует, что после внедрения дайки габбро-диабазов никаких существенных метаморфо-метасоматических процессов в Узьянско-Кагармановской зоне не происходило.

5. Изотопный состав серы сульфидов пород Кагармановского разреза изменяется направленно — по мере удаления от тектонического нарушения доля легкого изотопа ^{32}S возрастает. В этом же направлении уменьшается количество сульфидов. Небольшой разброс значений $\delta^{34}\text{S}$, их направленное изменение и связь с содержанием сульфидов в углеродисто-глинистых сланцах — все это свидетельствует об эпигенетическом образовании или преобразовании сульфидов.

6. Повышенные содержания сульфидов в той части Кагармановского разреза, которая подверглась максимальному воздействию флюидов, и присутствие оксида и диоксида серы в составе газов ГЖВ свидетельствуют, что образование сульфидов связано с деятельностью флюидов.

7. Более восстановленный характер высокотемпературных газов ГЖВ, повышенные концентрации азота в их составе и высокие начальные температуры флюидов ($\sim 390\text{--}320^\circ\text{C}$) могут свидетельствовать об эндогенной природе последних.

Литература:

- Анфимов Л.В.** Литогенез в рифейских осадочных толщах Башкирского мегантиклинория (Ю. Урал). Екатеринбург, 1997. 289 с.
- Бобохов А.С., Бобохова Р.Б.** Выявление палеогидротермальных зон с целью прогноза золото-сульфидного оруденения (на примере северной части Магнитогорского мегасинклинория Южного Урала) // Научно-технические достижения и передовой опыт в области геологии и разведки недр: Научно-технический информационный сборник / ВНИИ экон. минер. сырья и геол.-развед. работ (ВИЭМС). М., 1990. Вып. 6. С. 19–25.
- Виноградов В.И.** Роль осадочного цикла в геохимии изотопов серы. М.: Наука, 1980. 191 с.
- Гриненко Л.Н.** Источники серы базит-гипербазитовых пород и связанных с ними сульфидных медно-никелевых месторождений: Автореф. ... дис. д-ра геол.-мин. наук / ГЕОХИ РАН. М., 1986. 37 с.
- Гриненко Л.Н., Хански Е., Гриненко В.А.** Условия образования Cu-Ni месторождения Кейвитса, Северная Финляндия, по изотопным данным серы и углерода // Геохимия. 2003. № 2. С. 181–194.
- Ковалев С.Г., Сначев В.И., Высоцкий И.В., Рыкус М.В.** О новом типе благороднометалльной минерализации на западном склоне Южного Урала // Руды и металлы. 1997. № 6. С. 27–32.
- Ковалев С.Г., Высоцкий И.В., Фаткуллин И.Р.** Сложнодислоцированные углеродсодержащие толщи западного склона Южного Урала / БГУ. Уфа. 1999. 118 с.
- Кокин А.В.** Термобарометрия самородного золота и его минералов-спутников из месторождений Юго-Восточной Якутии // Геология и геофизика. 1981. № 5. С. 74–79.
- Колпакова Н.Н., Козеренко С.В., Баранова Н.Н. и др.** О концентрациях золота, сурьмы и сульфидной серы в гидротермальных растворах и условиях формирования золоторудных месторождений // Минералообразующие флюиды и рудогенез: Мат-лы / VII Всесоюз. совещ. по термобарометрии и геохимии рудообразующих флюидов (Львов, 30 сентября – 2 октября 1985 г.). Киев: Наукова думка, 1988. С. 122–130.
- Летников Ф.А., Савельева В.Б., Аникина Ю.В., Смагунова М.М.** Высокоуглеродистые тектониты — новый тип концентрирования золота и платины // ДАН. 1996. Т. 347. № 6. С. 795–798.
- Наумов В.Б.** К вопросу об определении температур минералообразования методом декрепитации // Минералогическая термометрия и барометрия. М.: Наука, 1968. Т. 2. С. 37–43.
- Наумов Г.Б., Наумов В.Б.** Включения в минералах, как источник информации в изучении геологических процессов // Методы и аппаратура для исследования включений минералообразующих сред. М.: Наука, 1980. С. 178–195.
- Наумов Г.Б., Салазкин А.Н., Миронова О.Ф., Савельева Н.И.** Методы изучения флюидных ореолов при поисках гидротермальных руд / ГЕОХИ РАН. М., 1983. 75 с.
- Пашков Ю.Н.** Термометрия по включениям минералообразующих сред // Методы и аппаратура для исследования включений минералообразующих сред. М.: Наука, 1980. С. 12–31.
- Пипко А.И., Плисковский В.Я., Пенчко Е.А.** Конструирование и расчет вакуумных систем. М.: Энергия, 1979. 504 с.
- Пучков В.Н.** Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 с.
- Рыкус М.В., Андреев Н.И., Муркин В.П. и др.** Углеродистые отложения докембрия Южного Урала: Препринт. Уфа, 1993. 40 с.
- Рыкус М.В.** Золотоносность докембрийских осадочных толщ западного склона Южного Урала: Препринт. Уфа, 1995. 45 с.
- Томсон И.Н., Полякова О.П., Полохов В.П., Нивин В.А.** Условия образования эндогенных «черных сланцев» в Приморье // Геология рудных месторождений. 1993. Т. 35. № 4. С. 344–355.
- Устинов В.И., Гриненко В.А.** Прецизионный масс-спектрометрический метод определения изотопного состава серы. М.: Наука, 1965. 92 с.
- Хотеев А.Д.** К вопросам стандартизации условий декрепитационного анализа // Методы и аппаратура для исследования включений минералообразующих сред. М.: Наука, 1980. С. 31–40.