

*А.И. Грабежев, Ф.П. Буслаев, Г.Н. Пшеничный, Г.В. Пальгуева,
А.П. Жухлистов, В.Г. Петрищева*

ОСОБЕННОСТИ БЕЛЫХ СЛЮД ФОНОВЫХ ХЛОРИТ-СЕРИЦИТ-КВАРЦЕВЫХ МЕТАСОМАТИТОВ КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАЛА

Палезойские колчеданные месторождения Урала сформировались в ходе полистадийной эволюции субмаринного гидротермального процесса и последующего метаморфизма [6, 7 и др.], что должно сопровождаться существенным изменением первичного состава и свойств минералов метасоматитов. Полная картина преобразований, скорее всего, уже не подлежит реставрации, однако некоторые первичные особенности слюд позволяет установить впервые проведенный для уральских колчеданных месторождений микронзондовый и электронографический анализ слюдяных агрегатов. Исследования осложнены ввиду тонкочешуйчатостью слюд. В качестве иллюстрации используем пример Гайского месторождения.

Микронзондовый анализ выполнен Н.Н. Кононковой на приборе Camebax SX-50. Применялся расширенный пучок электронов размером до 5×5 мкм при $U=15$ кВ и $I=20$ нА. Нередко низкая сумма анализов (до 92-93 мас.%) связана с большим содержанием в слюдах адсорбционной и свободной межслоевой воды (количество последней значительно возрастает при размере чешуек меньше 1-3 мкм [8]), а также, по-видимому, в связи с высокой тонкочешуйчатостью и пористостью слюдяных агрегатов. Влияние двух последних факторов исключается при использовании кристаллохимических формул (рассчитанных на шесть катионов), так как для одного шлифа анализы с различными суммами дают схожие кристаллохимические формулы. Внутренний контроль суммы щелочных катионов проводился по мусковиту из грейзена, где эта величина равна 0,97 (для кристаллохимической формулы, рассчитанной на шесть катионов).

Наиболее распространенные в (хлорит)-серицит-кварцевых метасоматитах агрегаты слюд (10-30 об.%) размером от сотых до 0,1-0,2 мм, слагавшие чешуйками серицита (криптосерицита) величиной в десятитысячные и тысячные доли миллиметра (до 0,01 мм), отражают, скорее всего, первичный облик слюд. В зонах даже очень слабого расщепления (макроскопически незаметного) они перекристаллизованы в систему быстро выклинивающихся, линейно ориентированных просечек серицита шириной обычно до 0,003-0,05, редко до 0,1 мм. В таких перекристаллизованных участках модальная величина содержания K_2O возрастает до 1-3 мас.% по сравнению с 0,5-2,0 мас.% в (хлорит)-серицит-кварцевых метасоматитах с криптосерицитом.

Согласно микронзондовому анализу, рентгеновской дифрактометрии, высоковольтной электронографии и дериватограммам, в слюдяном агрегате во всех случаях абсолютно преобладает негидратированный иллит исключительно модификации $2M_1$. Величина d_{002} слюдяного агрегата составляет 10,00-10,05 Å и не смещается при насыщении этиленгликолем. В то же время в слюде содержится повышенное количество адсорбционной и низкотемпературной несвязанной межслоевой воды (до

**Кристаллохимические формулы белых слюд из фоновых
хлорит-слюдисто-кварцевых метасоматитов**

N	Si	Al ^{IV}	Al ^{VI}	Fe	Mg	Ca	Ba	Na	K	Su	П
1	3.20	0.80	1.89	0.04	0.07	0.02	0.01	0.14	0.68	0.85	0.17
2	3.10	0.90	1.85	0.04	0.11	0.01	0.04	0.15	0.66	0.86	0.17
3	2.92	1.08	1.69	0.09	0.22	0.02	0.05	0.20	0.54	0.81	0.25
4	3.23	0.77	1.81	0.04	0.15	0.00	0.03	0.17	0.61	0.81	0.20
5	3.21	0.79	1.92	0.03	0.05	0.04	0.01	0.15	0.60	0.80	0.18
6	3.24	0.76	1.93	0.02	0.05	0.04	0.00	0.15	0.57	0.76	0.20
7	3.23	0.77	1.94	0.02	0.04	0.02	0.02	0.12	0.69	0.85	0.14
8	3.18	0.82	1.78	0.07	0.15	0.02	0.01	0.09	0.70	0.82	0.11
9	3.09	0.91	1.79	0.09	0.12	0.02	0.01	0.16	0.66	0.85	0.19
10	3.16	0.84	1.93	0.04	0.03	0.02	0.01	0.13	0.67	0.83	0.15
11	3.12	0.88	1.91	0.06	0.03	0.05	0.01	0.18	0.57	0.81	0.23
12	3.11	0.89	1.92	0.05	0.03	0.02	0.00	0.26	0.58	0.86	0.30
13	3.09	0.91	1.93	0.03	0.14	0.02	0.01	0.15	0.67	0.85	0.18
14	3.30	0.70	1.89	0.03	0.08	0.03	0.00	0.16	0.59	0.78	0.20
15	3.14	0.86	1.78	0.04	0.18	0.00	0.00	0.08	0.79	0.87	0.09
16	2.98	1.02	1.83	0.06	0.11	0.02	0.00	0.73	0.11	0.86	0.84
17	3.17	0.83	1.92	0.03	0.05	0.02	0.00	0.50	0.33	0.85	0.58
18	3.07	0.93	1.79	0.09	0.12	0.01	0.02	0.22	0.61	0.86	0.25
19	3.08	0.92	1.87	0.05	0.08	0.00	0.00	0.25	0.58	0.83	0.30
20	3.30	0.70	1.97	0.01	0.02	0.00	0.00	0.11	0.62	0.73	0.32

Примечание. 1-4 - метасоматиты из северного выклинивания рудной зоны (глубина 1300-1500 м, коллекция Г.Н. Пшеничного); 5-19 - метасоматиты из центральной части рудной зоны (профиль 113, глубина 1200-1400 м, коллекция Ф.П.Буслаева); 20 - пиррофиллитсодержащие метасоматиты (карьер 3, коллекция В.В.Зайкова); П - величина $Na/(Na+K)$ отношения, ат.%

1-2 мас.%). Сумма межслоевых катионов варьирует (см. таблицу) от 0,72 до 0,87 (рис. 1), причем значительная часть анализов располагается в пограничной зоне (0,86 ф.е., по [2]) между слюдами иллитового и мусковитового состава. Четко выраженный отрицательный тренд между количеством Si и суммы K, Na, Ca, Ba свидетельствует о преобладании в слюдах пиррофиллитовой (иллитовой) схемы изоморфизма (с помощью высокоточной электронографии и дифрактометрии пиррофиллит фиксируется только в одном образце).

Дефицит суммы межслоевых катионов в большинстве образцов белых слюд из колчеданных месторождений Урала наблюдается и по химическим анализам (рис. 2), однако ни в пиррофиллитовую, ни в фенгитовую схемы изоморфизма слюды не укладываются, что может свидетельствовать о наличии в части монофракций слюд примесей или их гидратации. В серицитах из алтайских колчеданных месторождений обратная зависимость между суммой межслоевых катионов и Si достаточно хорошо выражена, однако более половины серицитов относится к мусковитовому, а не иллитовому типу. Последнее наиболее характерно для древних (докембрийских), сильно метаморфизованных колчеданных месторождений Канады (см. рис. 2).

Иллитовый состав белых слюд Гайского месторождения в сочетании с их $2M_1$ модификацией со значительной долей вероятности свидетельствует (по экспериментальным данным) о том, что первичным являлся гидросерицит (или смешанослойный минерал ряда слюда - монтмориллонит), который при метаморфизме на уровне пренит-пумпеллитовой фации был дегидратирован с переходом в иллит $2M_1$ модификации. Вертикальная зональность (сверху вниз) гидросерицит - иллит -

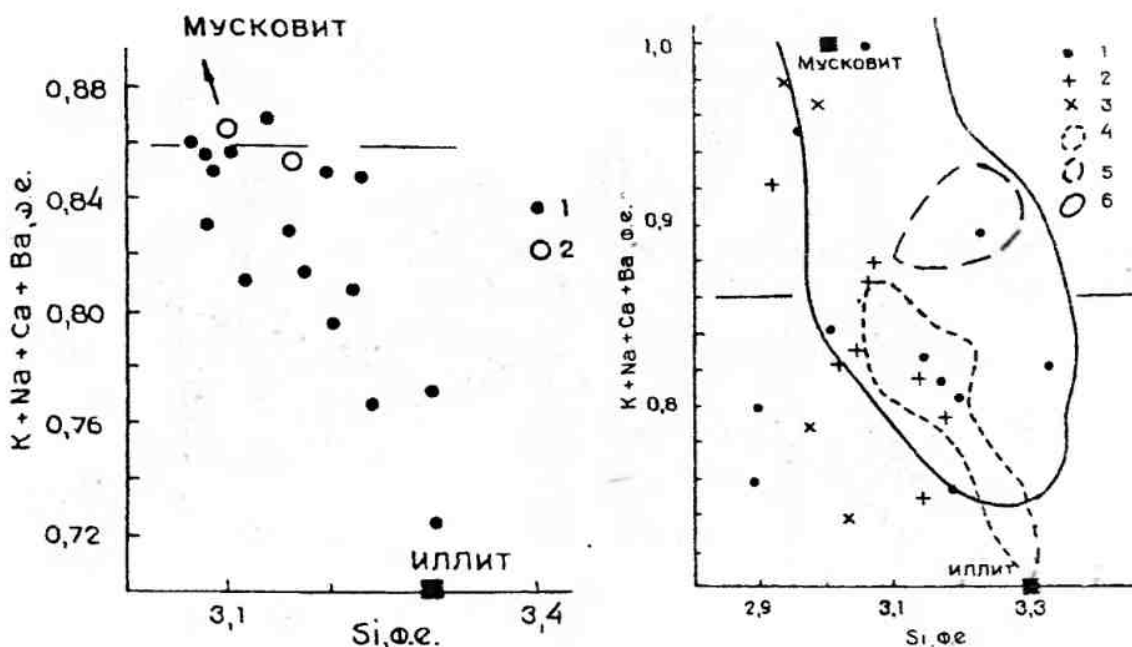


Рис. 1. Соотношение между суммой межслоевых катионов и кремния (в формульных единицах) в белых слюдах из фоновых слюдино-кварцевых метасоматитов Гайского месторождения, по микрозондовым анализам.

1 - серицит негидратированный (за исключением одного образца); 2 - ассоциация серицита и парагонита. Горизонтальная линия отвечает границе между слюдами иллитового и мусковитового состава (Кориковский и др., 1995). На график не вынесены из таблицы 1 высокобариевая слюда (ан. 5, BaO = 1,65 мас.%) и парагонит (ан. 16)

Рис. 2. Соотношение между количеством межслоевых катионов и кремния (формульные единицы) в негидратированных белых слюдах из серицит-кварцевых и слюдистых метасоматитов колчеданных месторождений Урала и других регионов. Условные обозначения см. на рис. 3

мусковит наблюдается в областях слабого метаморфизма осадочных пород и в разрезах современных геотермальных полей. Причина недосыщенности негидратированных слюд шесточами в центральной части таких вертикальных колонн не совсем ясна, но, скорее, обусловлена инстическим фактором. При таком подходе становится понятным мусковитовый состав серицитов сильно метаморфизованных месторождений Канады. На уральских и частично алтайских месторождениях умеренный температурный режим метаморфизма привел к формированию $2M_1$ иллита, хотя в отдельных, возможно, более проницаемых участках мы наблюдаем серицит мусковитового состава.

По микрозондовым анализам, суммарное количество Fe и Mg в слюдах Гайского месторождения не превышает 0,22 ф.е. (рис. 3). Близкую картину фиксируют и химические анализы большинства концентратов слюд из метасоматитов уральских колчеданных месторождений. Изоморфизм фенгитового типа для уральских серицитов не устанавливается, зато он хорошо выражен для серицитов колчеданных месторождений Алтая и Канады, количество Fe+Mg в которых нередко превышает 0,3 ф.е. Возможно, это свидетельствует, согласно экспериментальным данным, о формировании или преобразовании этих слюд в условиях более высоких давлений, чем для уральских месторождений.

Другая важная особенность серицитов из фоновых (хлорит)-серицит-кварцевых метасоматитов Гайского месторождения - повышенное значение отношения натрия к сумме межслоевых катионов. По микрозондовому анализу слюд, модальное значение этого отношения составляет 0,15-0,20, по химическим анализам слюд и метасоматитов - 0,15-0,25 (рис. 4). В отдельных образцах оно достигает 0,30-0,35, и тогда при медленной рентгеновской съемке (1/8 градуса в минуту) рефлекса 004 выявляется незначительная примесь парагонита. При прецизионной съемке методом высоковольтной электрографии установлено, что величина $Na/(Na+K)$ в сериците составляет 0,10-0,15 (вычислена по значению $c \sin \theta / 2 = 8,982-8,992 \text{ \AA}$), а в большинстве слюдяных агрегатов присутствует очень небольшая примесь калиевого парагонита или K-Na слюды [3, 4] с величиной $b = 8,908-8,917 \text{ \AA}$. Следует подчеркнуть, что в абсолютном большинстве образцов слюд и серицит-кварцевых метасоматитов уральских колчеданных месторождений величина $Na/(Na+K)$ отношения превышает 0,10 (модальное

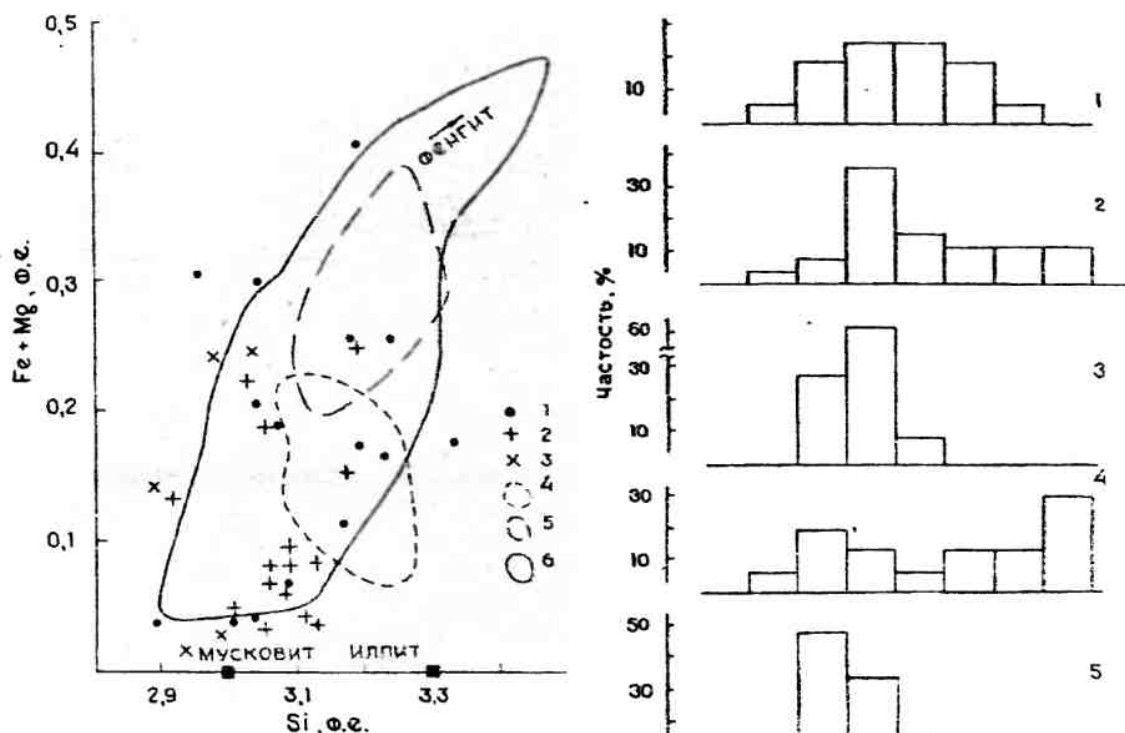


Рис.3. Соотношение между Si и Fe+Mg (в формульных единицах) в белых слюдах из серицит-кварцевых и слюдястых метасоматитов колчеданных месторождений Урала, а также других регионов.

1-3 - соответственно слюды из серицит-кварцевых, существенно слюдястых метасоматитов и прожилков колчеданных месторождений Урала, по химическим анализам (из материалов Ю.М.Юрина, Е.К. Лазаренко, Г.А.Курицыной, В.Л.Русинова, Ф.П.Буслаева, В.П.Логина, Г.П.Пшеничного, В.В.Зайкова, Ракчесва); 4 - серициты их фоновых серицит-кварцевых метасоматитов Гайского месторождения, по 19 микронзондовым средним анализам; 5 - серициты (9ан.) из сильно метаморфизованных древних (А, Pt) колчеданных месторождений Канады (Маттагами Лейк, Арктик, Арослект, Фелп-Додж), по микронзондовым анализам зарубежных исследователей; 6 - серицит (29 ан.) из метасоматитов месторождений Рудного Алтая, а также Даутского месторождения (Грузия), по химическим анализам (из материалов И.И. Авдонина, О.В.Андреевой, В.Б.Чекваидзе, Н.Н.Курска, Г.М.Бенидзе)

Рис.4. Распределение величины $Na/(K+Na+Ca+Ba)$ в (хлорит)-серицит-кварцевых метасоматитах некоторых колчеданных месторождений Урала.

1-2 - соответственно фоновые метасоматиты (16 ан.) и данные микронзондовых анализов по 25 образцам серицитов Гайского месторождения; 3 - серицит-пиррофицит-кварцевые метасоматиты (26 ан.) Гайского месторождения (по материалам В.Н. Удачина и В.В. Зайкова); 4 - метасоматиты Зюзельского месторождения (по материалам авторов и П.Я. Яроша); 5-6 - соответственно серицит-кварцевые (29 ан.) и хлорит-серицит-кварцевые (51 ан.) метасоматиты Сафьяновского месторождения (по материалам В.П. Молошага)

значение находится в пределах 0,10-0,20), в то время как в месторождениях Канады и Алтая (кроме Иртышского и Ново-Березовского) оно менее 0,10. Причина различия заключается, скорее всего, в максимально высокой основности и натриевости материнских вулканитов и пород рамы на уральских месторождениях. Действительно, месторождения полиметаллической субформации Алтая локализованы на сиалической коре и ассоциируются с K-Na магматизмом. В то же время алтайские Иртышское и Ново-Березовское месторождения (Березовско-Белосусовский рудный район), в слюдах из метасоматитов которых значения $Na/(Na+K)$ отношения превышают 0,1 (а в метасоматитах даже встречается парагонит), относятся к колчеданно-полиметаллической субформации. В разрезах этих месторождений наблюдается преобладание живецких наиболее натриевых основных вулканитов базальт-риолитовой формации [2 и др.]. Дополнительно подчеркнем, что на таких сходных с ураль-

скими по геологическим условиям месторождениях, как Бошекульское (Центральный Казахстан), Медведюковское (Даутский рудный район Грузии), Арктик (Аляска), также фиксируется повышенное значение $Na/(Na+K)$ в сериците (0,10-0,25).

Таким образом, ранее предполагаемый [1, 2, 6, 7, и др.] по аналогии с современным морским колчеданообразованием смешанослойный характер первичных слюд метасоматитов получает весьма вероятное обоснование. В то же время на колчеданных месторождениях Урала широко распространена наложенная аргиллизация, связанная с заключительными этапами эволюции систем. Высокая натриевость слюд в значительной мере определяется фемическим профилем фундамента.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект 97-05-64723). Авторы признательны В.В. Зайкову и В.Н. Удачину за помощь в работе.

Список литературы

1. Авдонин В.В., Поленков А.И. Особенности минерального состава кварц-серицитовых метасоматитов колчеданно-полиметаллических месторождений // Вестн. МГУ. Геология. 1977. N2. С. 43-51.
2. Горжевский Д.И., Чекваидзе В.Б., Исакович И.З. Типы полиметаллических месторождений Рудного Алтая, их происхождение и методы поисков. М.: Недра, 1977. 197с.
3. Грабежеев А.И., Жухлистов А.П., Русинова О.В. и др. Ряд мусковит-парагонит: аргументация существования промежуточной гомогенной К-На слюды // Докл. РАН. 1996. Т. 350, N 5. С. 669-671.
4. Грабежеев А.И., Русинова О.В., Жухлистов А.П., Мурзин В.В. Вертикальная рудно-метасоматическая зональность Томинского меднопорфирового рудного узла // Геол. рудн. месторожд. 1995. N 6. С. 500-510.
5. Кориковский С.П., Путили М., Закариадзе Г.С., Дюрович В. Альпийский анхиметаморфизм пород оболочки Инфрататрикума Западных Карпат: составы аутигенных и кластогенных мусковит-фенгитов как индикатор температурных ступеней // Петрология. 1995. N 6. С. 578-592.
6. Медноколчеданные месторождения Урала. Екатеринбург: УрО РАН. 1992. 305с.
7. Русинов В.Л. Метасоматические процессы в вулканических толщах. М.: Наука, 1989. 214с.
8. Loucks R.R. The bound interlayer H_2O content of potassic white micas: Muscovite-hydromuscovite-hydropyrophyllite solutins // Am. Miner. 1991. V. 76, N 9-10. P. 1563-1579.