

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Б. З. Белашев

Институт геологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

В сообщении обобщен опыт автора по решению минералогических и геологических задач физическими методами. Использование стандартной аппаратуры сочеталось с разработкой экспериментальных устройств, алгоритмов, программ обработки данных, в отдельных случаях совершенствовался метод измерений. Информативность спектров и рентгенограмм материалов повышали, а posteriori уменьшая ширины их пиков.

Рентгеноструктурный анализ: Параметры кристаллической решетки (ПКР) несут информацию об условиях образования минерала, неравномерности состава, механических напряжениях. Прецизионные измерения ПКР фоторегистрацией рентгенового спектра, выявляющие особенности структуры минералов, сложны и трудоемки. Простой, но менее точный дифрактометрический метод определения ПКР усовершенствован устранением в рентгенограмме размытия, статистического шума и оптимизацией обработки рентгенограммы эталонного образца кварца. Точность определения ПКР кварца приближена к точности

фотометода, созданы предпосылки автоматизации и повышения производительности измерений [1].

Ближний порядок аморфных соединений. Ближний порядок (БП) атомов в силикатных, титановых стеклах, соединениях аморфного углерода изучен путем выделения в размытых рентгенограммах образцов отдельных пиков. В силикатных стеклах наблюдали полиморфизм БП, в титановом стекле — изоструктуру. Для шунгита характерны графитовые типы БП, а для антрацита, стеклоуглерода, саж БП, по-видимому, имеет другую природу [2, 3].

Малоугловое рентгеновское рассеяние (МУР): Сортность слюды мусковита. По интегральной оценке нанодфектов слюды мусковита, даваемой МУР, разработан способ определения сортности. Особенности рассеяния рентгеновских лучей в спектре МУР мусковита дают параметры и их границы, определяющие критерии разбраковки его сортов, что особенно важно в отношении телевизионного сорта мусковита (рис. 1–3) [4].

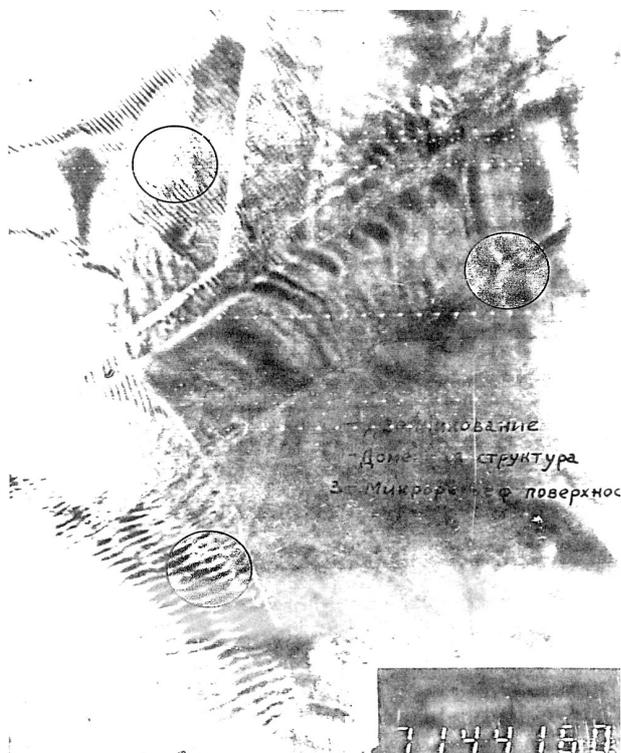


Рис. 1. Электронно-микроскопическое изображение поверхности телевизионной слюды

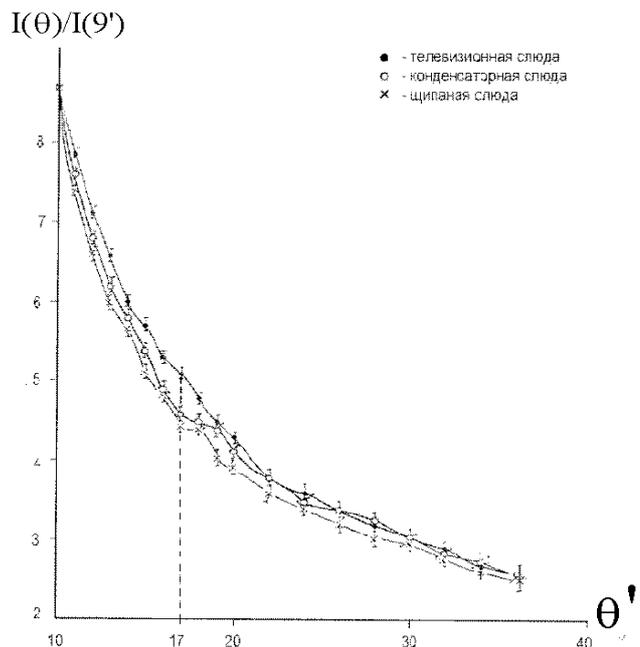


Рис. 2. Спектры МУР пластинок телевизионной, конденсаторной и щипаной слюд

Ядерный гамма резонанс (ЯГР): Структурная идентичность диадохита и дестинезита. Диадохит и дестинезит – представители группы сульфатофосфатов. По химическому составу диадохит аналогичен аморфному дестинезиту. Сравнением ЯГР спектров установлена структурная идентичность соединений, позволяющая рассматривать природный диадохит как индикатор локального нагрева поликристаллического при обычных температурах дестинезита (рис. 4, табл. 1) [5].

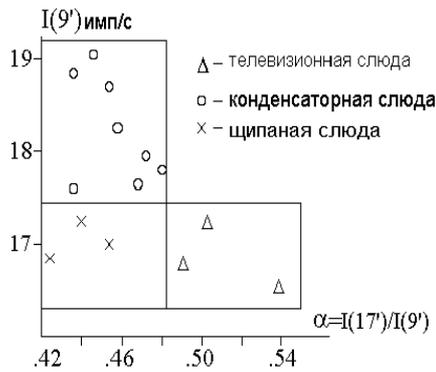


Рис. 3. Диаграмма, представляющая связь диапазонов МУР и сортов мусковита

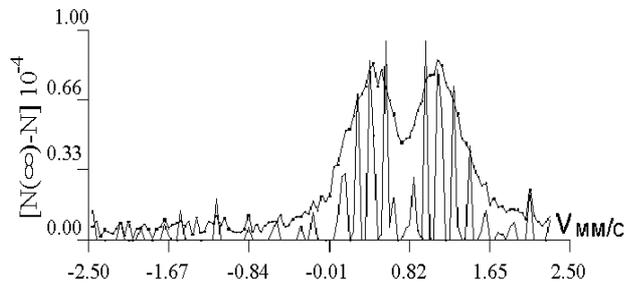


Рис. 4. ЯГР спектр диадохита и его тонкая структура

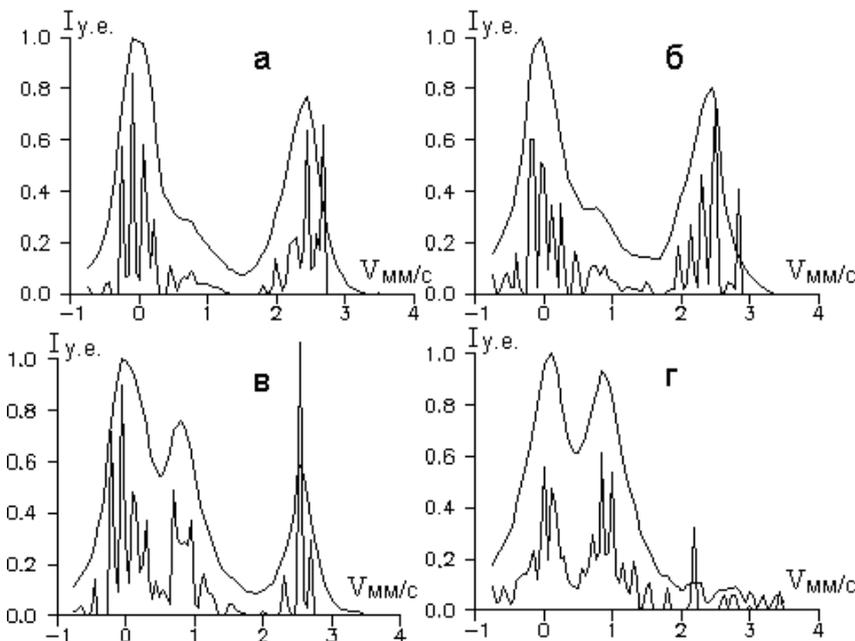


Таблица 1

Параметры ЯГР спектров дестинезита и диадохита, мм/с

Минерал	Компоненты						χ^2
	1		2		3		
	δ	Δ	δ	Δ	δ	Δ	
Диадохит (ММЭ)	0,67	1,53	0,67	1,00	0,67	0,63	
Дестинезит (МНК)	0,67	1,54	0,67	1,00	0,67	0,64	1,1
Диадохит (МНК)	0,70	0,52	0,66	0,99	0,68	0,61	1,3

Примечание. δ – изомерный сдвиг и Δ – квадратурное расщепление, рассчитанные по спектрам методами максимума энтропии (ММЭ) и наименьших квадратов (МНК) по критерию χ^2 .

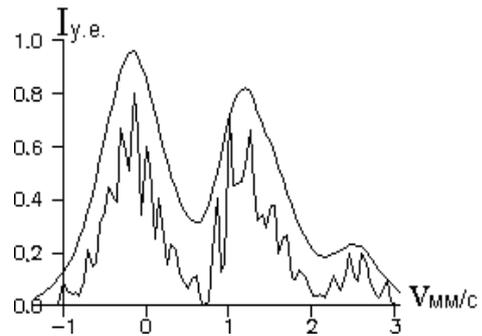


Рис. 5. ЯГР спектр и его тонкая структура для радиационно облученного биотита

Рис. 6. ЯГР спектры и их тонкие структуры для гидратированных биотитов:

а – исходный биотит; б – I стадия гидратации; в – II стадия гидратации; г – вермикулит

Инфракрасная спектроскопия. Изоморфные замещения. Перекрытие полос в ИК спектрах затрудняет изучение изоморфных замещений в силикатных минералах. Разделенные вблизи 900 см^{-1} полосы относят к катионам Fe, Mg, Mn, замещающих Si в тетраэдрах решетки. Также установлены компоненты полосы валентных колебаний, связанные с катионами щелочных металлов (рис. 7) [7].

Определение состава механических смесей. На базе метода наименьших квадратов разработан алгоритм оценки состава механической смеси по ее ИК спектру и ИК спектрам компонент. Алгоритм проверен на двойных и тройных смесях биотита, мусковита, кварца и симулированных смесей этилового и метилового спиртов (рис. 8, табл. 2) [8].

Состав флюидных включений. ИК спектроскопия применена для изучения флюидных включений в полированных пластинках кварца. В ИК спектрах включений разделены вклады воды и уголекислоты, газовые и конденсированные фазы (рис. 9).

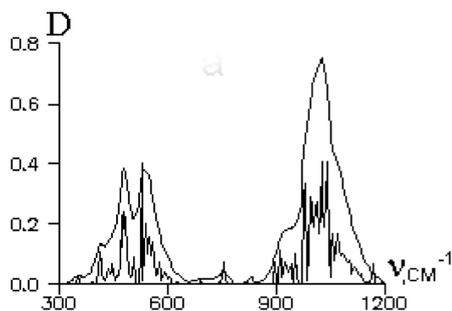


Рис. 7. ИК спектр мусковита и его оценка

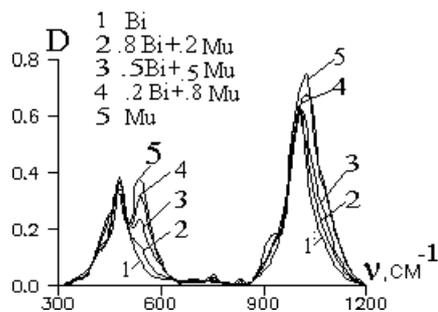


Рис. 8. ИК спектры биотита (1), 20% (2), 50% (3), 80% (4), 100% (5) мусковита

Таблица 2

Оценки состава смесей

Исходный состав, %			Оценка состава		
Bi	Mu	Q	Bi	Mu	Q
20	80	—	20,1	79,9	0,0
9	83	8	9,1	82,8	8,1
Et	Mt	—	Et	Mt	—
95	5	—	94,9	5,1	—
60	40	—	59,9	40,1	—
30	70	—	30,1	69,9	—

Примечание. Et — этиловый спирт; Mt — метиловый спирт.

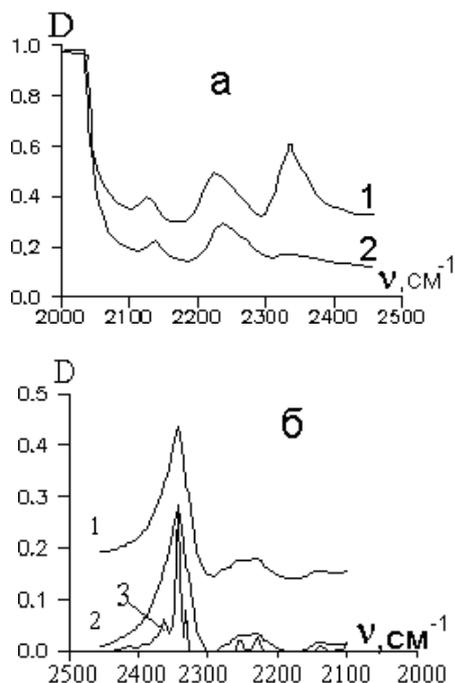


Рис. 9. а — ИК спектры пластинок кварца с включениями (1) и без них (2); б — разностный спектр (1), спектр включений с устраненной базовой линией (2), тонкая структура ИК спектра включений (3)

Декрепитация включений. Пики зависимости числа акустических импульсов от разрыва включений в процессе нагрева минерала соответствуют температурам декрепитации включений. Этим методом оценены температуры декрепитации кварца золоторудных проявлений Карелии [9]. Показано, что СВЧ облучение является более экономным способом разрушения флюидных включений, чем прямой нагрев [10].

Термоэдс. Температура образования пиритов. Метод термоэдс позволяет вести измерения на крупинке, аншлифе, обнажении и получить информацию о носителях тока, примесях, морфологии, температуре образования минерала. Этим методом по коэффициенту термоэдс оценены температуры образования пиритов различных форм и генезиса из рудопроявлений Восточной Карелии [11].

Люминесцентный метод. Люминесцентные свойства плагиоклаза, калиевого полевого шпата, апатита, кальцита, флюорита, циркона, корунда, шеелита, урановой слюдки, хризоберилла, кордиерита, дистена, шпинели и других минералов используют при поиске и разведке месторождений, оценке запасов и качества сырья. На примере керн буровых скважин слюдяных месторождений северной Карелии Малиновая Варажка, Тэдино и Плотина и образцов поверхностных обнажений месторождения Слюдозеро в профиле установлена связь люминесценции плагиоклаза вмещающих пород с зонами их диафтореза. Как признак перекристаллизации породы

люминесценция позволяет картировать перспективные участки по поверхности и керну скважин [12].

1. *Белашев Б. З., Яковлев А. Н.* Определение параметров кристаллической решетки методом максимума энтропии // *Поверхность*. 2002. 9. С. 45–48.
2. *Белашев Б. З., Яковлев А. Н., Озерова Г. П., Лебедева Г. А.* Применение метода максимума энтропии для анализа ближнего порядка в стеклах // *Поверхность*. 2004. 8. С. 105–108.
3. *Белашев Б. З., Яковлев А. Н.* Опыт расшифровки структуры шунгита методом решения обратной задачи // *Углеродсодержащие формации в геологической истории: Тр. междунар. симпоз. (2–7 июня 1998 г., Петрозаводск)*. Петрозаводск, 2000. С. 102–106.
4. *Белашев Б. З., Карелина И. Н., Петрова В. В., Мелех М. В.* Способ определения качества слюдяного мусковитового сырья: Авт. св. СССР № 1671009, 1991.
5. *Белашев Б. З., Яковлев А. Н.* Применение максимума энтропии для обработки рентгенограмм и гамма спектров аморфных минералов // *Тр. РСНЭ'97*. Дубна, 25–29 мая 1997 г. Т. 1. С. 92–94.
6. *Амирханов Х. И., Анохина Л. К.* Применение мессбауэровской (гамма резонансной) спектроскопии в геохронологии и сейсмогеохимии. Махачкала, 1984.
7. *Белашев Б. З., Попова Т. В.* Спектральные методы детектирования геологической информации // *Материаловедение*. 2001. 7. С. 25–29.

Несмотря на простоту и доступность выбранных методов, их информативность подтверждена результатами проведенных исследований.

8. *Белашев Б. З.* Анализ смесей методом максимума энтропии // *Тр. междунар. конф. «Математические методы в технике и технологиях» (31 мая – 3 июня 2005 г.)*. Казань, 2005. Т. 2.
9. *Белашев Б. З., Кулешевич Л. В.* Декрепитация газовой-жидких включений в кварце из различных генетических типов золоторудных проявлений Карелии // *Геология и полезные ископаемые Карелии*. Вып. 8. Петрозаводск, 2005. С. 89–94.
10. *Белашев Б. З., Скамницкая Л. С., Лебедева Г. А., Озерова Г. П.* Нетрадиционные методы очистки кварца от газовой-жидких включений // *Геология и полезные ископаемые Карелии*. Вып. 3. Петрозаводск, 2001. С. 131–134.
11. *Кулешевич Л. В., Белашев Б. З.* Колчеданное оруденение Восточной Карелии (Опыт изучения состава и электрофизических свойств пиритов) // *Геология и полезные ископаемые Карелии*. Вып. 1. Петрозаводск, 1998. С. 57–72.
12. *Белашев Б. З., Гродницкий Л. Л.* Опыт применения люминесцентных методов при картировании диафоритов в Беломорском подвижном поясе и прилегающей окраине Карельского кратона // *Там же*. С. 95–99.

УГЛЕРОДИСТО-КРЕМНИСТЫЕ СЕКРЕЦИИ В МАКСОВИТАХ

Н. С. Бискэ

Институт геологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

Детальное микроскопическое изучение углеродисто-кремнистых секретий в максовитах позволило получить фактический материал, способствующий пониманию процессов миграции углеродистого вещества (УВ) и тем самым генезиса залежей максовитов, являющихся ценным сырьем многоцелевого использования. Максовиты, по М. М. Филиппову [1], – это пелитоморфные шунгитоносные породы с содержанием шунгитового вещества (ШВ) от 10 до 45%, слагающие куполообразные залежи. Максовиты являются экстремивными сапробитумолитовыми породами, для которых характерно присутствие ШВ смешанного типа: первично-осадочного и миграционного. Стратиграфически максовиты приурочены к верхней подсите заонежской свиты людиковия (нижний протерозой), выявлены в Заонежье.

По текстурным особенностям среди максовитов выделено несколько разновидностей [1–3]. В самом общем виде их распространение в купольных постройках может быть представлено следующим образом: массивные разновидности преобладают в придонной части, брекчированные – в

кровельной, слоистые – на флангах залежи. Степень брекчированности уменьшается по направлению к подошве и центру залежи. Базальный тип цемента сменяется прожилково-инъекционным. Ниже залегает высокоуглеродистая порода, именуемая С. О. Фирсовой [2] псевдобрекчией, которая содержит «кремнистый и кремнисто-углеродистый материал (аналогичный по составу цементу брекчий) в форме многоугольников, треугольников, линзочек, микропрожилков, размером 0,5–3,0 мм, разобщенных в пространстве». В этом же направлении брекчия с белым кварцевым цементом сменяется черноцементной с углеродисто-кремнистой связующей массой. В ряде работ [1, 3 и др.] псевдобрекчия отождествляется авторами с выделенной ими скрытой (шунгит-шунгитовой) брекчией, которая отличается тем, что «обломки цементируются близким по составу веществом, в составе которого присутствует также миграционное ШВ». Однако такое определение скорее отвечает черноцементной брекчии, по С. О. Фирсовой. В отличие от кварц-шунгитовой брекчии, обычно имеющей резкие прямолинейные контак-