

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ МЕТОДАМИ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ И РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО МИКРОАНАЛИЗА

Т.Ф.Т. Данг

Научный руководитель профессор М.В. Коровкин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Проблема определения вещественного состава пород-коллекторов является актуальной для решения задач нефтяной геологии. Глинистые минералы участвуют почти во всех процессах, приводящих к образованию нефти и формированию ее залежей. Глинистые минералы образуются в результате изменения первичных минералов (полевых шпатов, слюд, хлоритов и т. п.), а также в результате выпадения в виде гелей из коллоидных и химических растворов. При их каталитическом действии происходит образование нефтяных углеводородов из захороненного в нефтематеринских отложениях органического вещества.

Поведение глинистых минералов в порах коллектора и их влияние на фильтрационные и ёмкостные свойства пород определяются также минеральным составом глинистых минералов.

Каталитическая активность минералов, образующих поровое пространство коллекторов, тем выше, чем их обменная емкость. Чем более мелкозерниста порода, тем выше ее каталитическое воздействие. Каталитическое воздействие коллекторских пород на преобразование нефтяных углеводородов неизмеримо возрастает, когда поровое пространство их сцементировано глинистыми минералами. По степени каталитической активности глинистые минералы располагаются по ряду: монтмориллонит – дегидратированные гидрослюды – гидрослюды и каолинит [1].

Определение вещественного состава пород-коллекторов является сложной задачей. Изучение глинистых минералов и определение их состава является одной из важнейших проблем в геологических изысканиях и разработки месторождений.

В данной работе для определения минералов пород-коллекторов рассмотрим наиболее подходящие физико-химические и физические методы исследования осадочных пород: электронную микроскопию – метод исследования микроструктуры тел при увеличении до многих сотен тысяч раз. Для получения увеличенного изображения используется пучок электронов.

Проведен эксперимент, чтобы определить неизвестный глинистый минерал в представленном образце. Исследование проводилось на кафедре геоэкологии и геохимии ТПУ на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Hitachi S-3400N. Пробы исследовались при низком вакууме в режиме обратно-рассеянных электронов. Пучок энергетических электронов (20 кэВ) фокусируется на поверхности приготовленного образца минерала. Этот образец должен быть маленьким – диаметром не более 0,5...1 см.

При соударении с образцом некоторые бомбардирующие электроны отражаются от тонкого поверхностного слоя глубиной около 1 мкм, почти аналогично отражаемому поверхностью видимому свету. Такие электроны обратного рассеяния (BSE) легко определяются и используются для получения топографии поверхности образца.

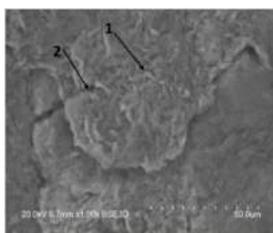


Рис. 1. СЭМ – фотография образца глинистого минерала (увеличение $\times 1000$)

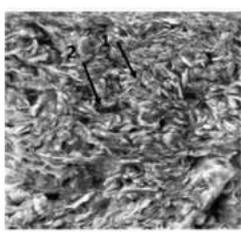


Рис. 2. СЭМ – фотография образца морского глинистого минерала с матричной микроструктурой (увеличение $\times 1000$) [2]

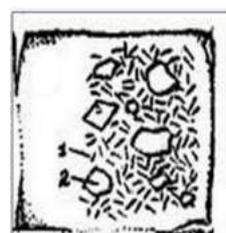


Рис. 3. Матричная микроструктура глинистого минерала:
1 – неориентированные глинистые частицы (матрица),
2 – частицы песчаника [2]

С увеличением в 1000 раз методом СЭМ можно увидеть особенную микроструктуру этого образца – матричную микроструктуру (рис. 1). На рисунке 2 показана глина с текуче-пластичной консистенцией, которая трансформируется в более плотную пластичную глину с матричной микроструктурой (рис. 3). Она характеризуется присутствием сплошной неориентированной глинистой массы (матрицы), в которой содержатся беспорядочно расположенные пылевидные песчаные зерна, не контактирующие между собой. Как правило, глинистые породы с матричной микроструктурой (например, ледниковые отложения — плотные моренные суглинки), имеют достаточную прочность [2].

При увеличении масштаба до 1500 раз получена четкая фотография поверхностной структуры (рис. 4). По сравнению с представленными образцами можно увидеть, что структура нашего исследуемого образца совпадает со структурой монтмориллонита (рис. 5). Следовательно, можно сделать вывод, что данной образец глинистого минерала является монтмориллонитом.

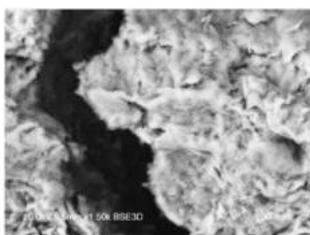


Рис. 4. СЭМ – фотография образца глинистого минерала (увеличение x 1500)

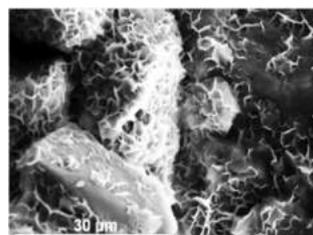


Рис. 5. Фотография монтмориллонита [3]

Проведен эксперимент, чтобы определить состав смеси глинистых минералов. Исследование проводилось на кафедре геоэкологии и геохимии ТПУ на рентгеноструктурном микроанализаторе (РСМА). Сначала необходимо подготовить образцы для анализа. Образец измельчают до мелкого порошка. Пучок высокоэнергетических электронов (30 кэВ) фокусируется на поверхности приготовленного образца минерала, рассеивается кристаллографическими плоскостями {hkl}, что приводит к появлению дифракционной картины, которая регистрируется в виде дифрактограмм.

На рентгеновской дифрактограмме образца присутствуют рефлексы каолинита $-Al_2Si_2O_5(OH)_4$, монтмориллонита $-(Ca,Na)_{0,3}Al_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot H_2O$, хлорита $-(Mg,Al)_6(Si,Al)_4O_{10}(OH)_8$ и кварца $-(SiO_2)$ и их интенсивность, которая отражает их количественное содержание (рис. 6, 7).

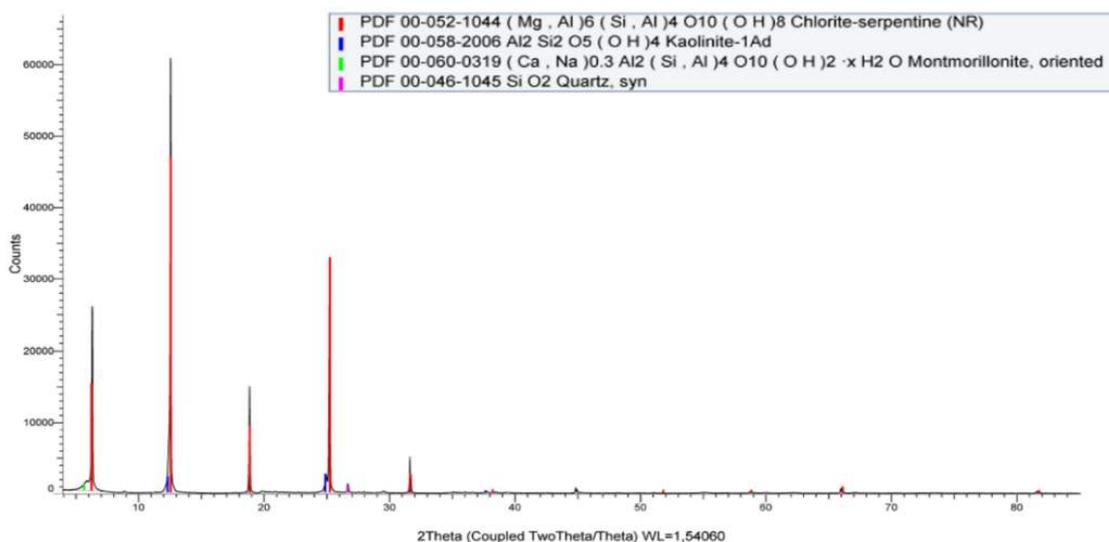


Рис. 6. Дифрактограмма образца, полученная методом РСМА



Icon	Compound Name	S-Q
	Kaolinite-1Ad	5,9%
	Quartz, syn	0,5%
	Montmorillonite, oriented	4,3%
	Chlorite-serpentine (NR)	89,3%

Рис. 7. Состав глинистых минералов в данной смеси

Кроме этих методов, для определения глинистых минералов также рекомендуется использование других современных методов исследования [4].

Литература

1. Саркисян С.Г., Котельников Д.Д. Глинистые минералы и проблемы нефтегазовой геологии. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1980. – 232 с.
2. Сергеев Е.Н. Введение в электронную микроскопию минералов. – М.: Издательство Московского университета, 1977. – 144 с.
3. Mineralogical society. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minersoc.org/gallery.php?id=2>, свободный.
4. Карпова Н.Н., Коровкин М.В. Определение вещественного состава карбонатных пород-коллекторов методом инфракрасной спектроскопии // Проблемы геологии и освоения недр. Труды XVII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 150-летию со дня рождения академика В. А. Обручева и 130-летию академика М. А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – С. 112–114.

**НЕОДНОРОДНОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА УРОЛИТА
КАК СЛЕДСТВИЕ ИЗМЕНЕНИЯ УСЛОВИЙ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ****М.И. Джумашев, А.С. Капанов**

Научный руководитель доцент А.К. Полиенко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Повышенный интерес исследователей к изучению патогенных биоминеральных образований в организме человека отмечен в последние тридцать лет. Одними из таких образований являются уролиты (мочевые камни), формирующиеся в мочевыделительной системе человека и являющиеся основной причиной весьма распространённого заболевания – мочекаменной болезни. В качестве одной из причин образования уролитов исследователи отмечают экологическое состояние среды обитания. Особенное внимание уделяется характеру распределения химических элементов в структуре уролитов. Изучение химического и биохимического состава уролитов, а также структурных особенностей их строения и, в частности, ритмической зональности отмечено в ряде работ [1–4]. Полученная информация имеет большое значение для понимания онтогенеза уролитов.

Целью научных исследований, некоторые результаты которых приводятся в настоящей статье, является изучение особенностей распространения химических элементов в структуре уролитов.

Для выполнения поставленной задачи в качестве объекта исследований использованы уролиты, полученные в результате удаления их из мочевой системы пациентов в урологическом отделении одной из городских больниц города Томска. Изучение уролитов проведено по комплексной методике, которая предполагает несколько этапов исследования. Вначале на бинокулярном микроскопе исследовалась морфология поверхности каждого уролита, изучался их минеральный состав, текстурно-структурные особенности, а затем были изготовлены шлифы. В шлифах уточнялся минеральный состав и характер взаимоотношений между отдельными зёрнами. Следующий этап исследований заключался в изучении распределения химических элементов в структуре уролитов. Эта работа выполнена с использованием сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Hitachi S-3400N с энерго-дисперсионной приставкой (ЭДС) Bruker XFlash 4010 для проведения рентгеноспектрального анализа. Микроскоп располагается в учебно-научной лаборатории электронно-оптической диагностики Международного исследовательского научно-образовательного центра (МИНОЦ) кафедры геоэкологии и геохимии (ГЭГХ) Института природных ресурсов ТПУ. Съёмка (исследование) каждого шлифа осуществлялась в режиме обратно рассеянных электронов при низком вакууме ($p = 30 \dots 40$ Па).

При исследовании шлифов были использованы следующие возможности сканирующего электронного микроскопа HITACHI S-3400N: определение наличия и содержания химических элементов в точках по профилю (линии); изучение распределения химических элементов по площади (в плоскости среза исследуемого объекта); представление информации в виде графического материала (содержание элементов).

Исследования с использованием названного выше оборудования выполнены нами впервые с получением данных, позволяющих сделать важные научные выводы о распределении отдельных химических элементов в структуре уролитов.

Для исследования выбран один из шлифов уролита G-4-2, предварительно изученный на поляризационно-оптическом микроскопе. Состав уролита сложный, в нём отмечены минералы фосфатного состава (карбонат-апатит), оксалаты кальция (производные щавелевой кислоты), а также в значительных количествах органическое вещество. Границы между структурными зонами выражены нечётко, однако присутствуют признаки, по которым можно наметить определённые точки для изучения характера распределения химических элементов.