

**ГЛИНИСТЫЕ МИНЕРАЛЫ КАК ИНДИКАТОРЫ
УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ**

М.Н. Шатова, М.В. Коровкин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: mns6@tpu.ru

Статья посвящена определению сложного минерального состава палеозойских отложений Калиновое нефтегазоконденсатного методом инфракрасной спектроскопии с целью установления условий осадконакопления. Исследованы образцы керна одной из скважин данного месторождения. Полученные результаты сопоставлены с результатами работы отечественных и зарубежных исследователей. Предполагается, что в исследуемых образцах содержится минерал, относящийся к группе монтмориллонита.

Ключевые слова: глинистые минералы, инфракрасная спектроскопия, условия осадконакопления, минеральный состав, Калиновое месторождение, нефть и газ

ВВЕДЕНИЕ

Изучение глинистых минералов позволяет объяснить процессы и явления, связанные с геологией пласта, тектоникой, возрастом, фациальными обстановками, распределением по зонам, корреляцией и метаморфизмом [1].

Глинистые минералы участвуют в образовании природных резервуаров нефти и газа как сорбенты органического вещества при седиментации осадков, затем как катализаторы процессов образования углеводородов и созревания нефти [2,3]. Кроме того, глинистые минералы контролируют скопление и миграцию углеводородов, влияют на изменение фильтрационно-емкостных свойств пласта в процессе нефтедобычи.

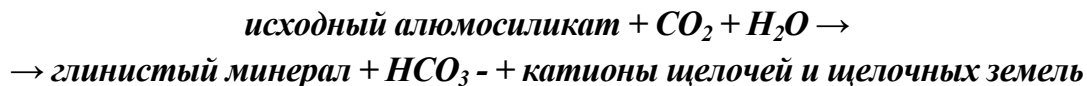
Вещественный состав осадочных пород интегрирует комплекс взаимно перекрывающихся физико-химических факторов, он зависит как от минерального состава источников сноса, характера выветривания в гипергенных процессах, условий транспортировки и условий седиментации, а также интенсивности их постседиментационных изменений [4]. Поэтому анализ качественного и количественного составов палеозойских отложений, распределение и изменение минералов, в частности глинистых минералов, представляет интерес как источников информации об условиях их седиментации.

Сегодня при изучении нефтегазоносных отложений рассматриваются вторичные процессы как фактор, влияющий на образование нефти, дифференциацию, деградацию и окисление, а также на преобразование и усложнение пустотно-порового пространства вмещающих пород-коллекторов.

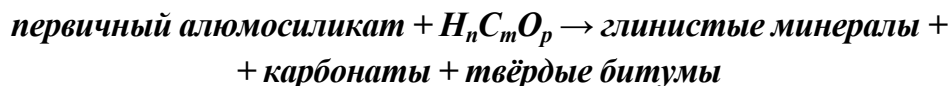
Процессы разнородных явлений, включающие в себя изменения отложений седиментационного бассейна при тектонической инверсии называют наложенно-эпигенетическими. В результате образуются разломы, зоны трещиноватости, катаклаза, раскрываются флюидоупорные системы, изменяются водно-флюидные режимы, происходит термическое воздействие тел магматической деятельности, рост крупных анти-

клинальных структур. Эпигенетические процессы улучшают пористость и проницаемость в процессе растворения пород или ухудшают качество коллектора в результате вторичного минералообразования[5].

В результате главной реакции эпигенеза в терригенных породах происходит интенсивное преобразование алюмосиликатов. Продукты наложенного эпигенеза в нефтегазоносных отложениях, в основном, формируются в результате гидролиза – разложения алюмосиликатной составляющей породы водой при активном участии углекислоты. Водород же при этом отлагается в глинах в форме OH^- [5]:



При химической перестройке углеводородов, их разрушении и деградации формируются твердые битумы – типичные продукты взаимодействия пород с углеводородами [6]:



Наличие твёрдых продуктов окисления и деградации углеводородов – битумов, которые часто способствуют заполнению пустотного пространства, усложняя при этом строение месторождений и эксплуатацию залежей.

Комплексное исследование глинистых минералов позволяет выявить особенности структуры пустотного пространства и его изменения [8]. Известно, что с ростом глинистости фильтрационно-емкостные свойства коллектора обычно ухудшаются. Однако другие диагенетические процессы могут повысить пористость за счет формирования вторичной пористости через выщелачивание глины, при котором происходит формирование микропор в глинах или за счет предотвращения цементации, например, при оконтуривании хлоритом в виде пленки зерен кварца [7].

Сложность представляет собой идентификация глинистых минералов в составе сложной, содержащей несколько компонентов, смеси, что требует детального исследования и классификации полученных результатов. Кроме того, определение минерального состава тонкозернистых образований, содержащих несколько видов глинистых минералов и (или) минералы других классов соединения, обычными методами с выделением монофракций каждого минерала весьма затруднительно [9].

Характеристика глинистых минералов с позиции качественного и количественного анализа обычно проводится с использованием точных инструментальных методов, таких как рентгеновская дифракция, рентгеновская флюоресценция, просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия. Однако эти методы требуют сложной подготовки образца с растворением или дезагрегацией образца, что может влиять на исходные свойства глинистых минералов.

В геологической практике при определении минерального состава глинистых образований используются рентгенофазовый [10] и термический анализы [11], требующие

специальной, иногда трудоемкой и длительной пробоподготовки, и не всегда позволяющие однозначно интерпретировать полученные результаты.

Метод инфракрасной спектроскопии на основе преобразования Фурье в отличие от других методов требует в целом меньшего количества образца (<1 мг), подготовка образца относительно проста и не влияет на свойства образца значительно, а продолжительность анализа и оценки не занимает много времени [12, 13].

ЦЕЛЬ, ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной работы является изучение состава сложной смеси породы (качественный анализ) методом инфракрасной спектроскопии (ИКС), и, в том числе, определение глинистых минералов.

Спектры ИК-поглощения регистрировались на спектрофотометре IRPrestige-21 фирмы «Shimadzu» с преобразованием Фурье (FTIR-8400S) в интервале $300...4000\text{ см}^{-1}$ с разрешением $0,001\text{ см}^{-1}$ (FT-IR), с помощью программного обеспечения Irsolution (кафедра геологии и разведки полезных ископаемых Института природных ресурсов ТПУ) [14].

Исследовались образцы палеозойских отложений, отобранных из керна скважины X Калинового нефтегазоконденсатного месторождения, расположенного на территории Томской области. Калиновое месторождение приурочено к карбонатным палеозойским толщам, которые представлены известняками светло- и темно-серыми, однородными, от криптокристаллической структуры до мелко- и среднезернистой [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате работы были получены сложные спектры инфракрасного поглощения (рисунок 1).

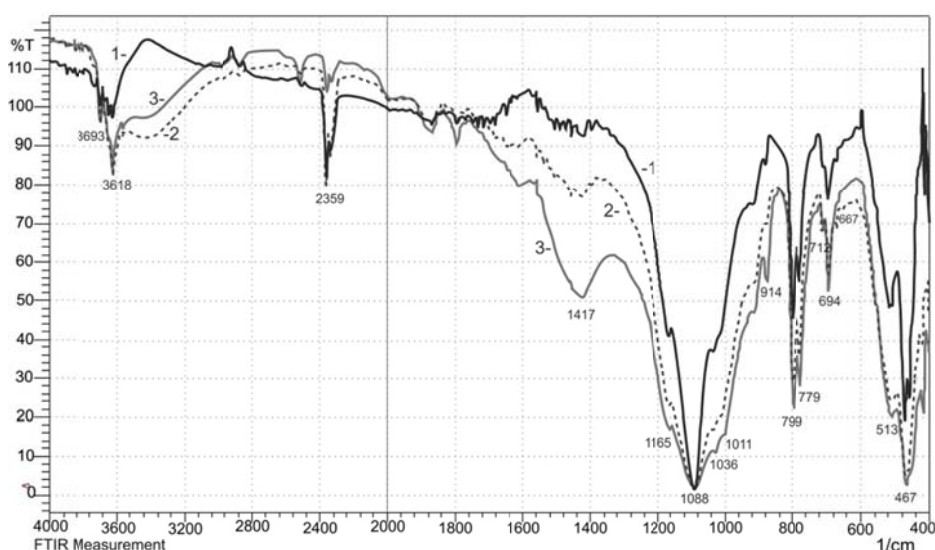


Рисунок 1. Обзорные спектры образцов (1 - №7, 2- № 8, 3- № 9) скважины X Калинового месторождения в области $400...4000\text{ см}^{-1}$

В спектрах исследуемых образцов отчетливо выделяются пики поглощения, характерные для известняка [16]: 1417 см^{-1} , 872 см^{-1} , 712 см^{-1} ; доломита: 729 см^{-1} ; а также для глинистых минералов (рисунок 2).

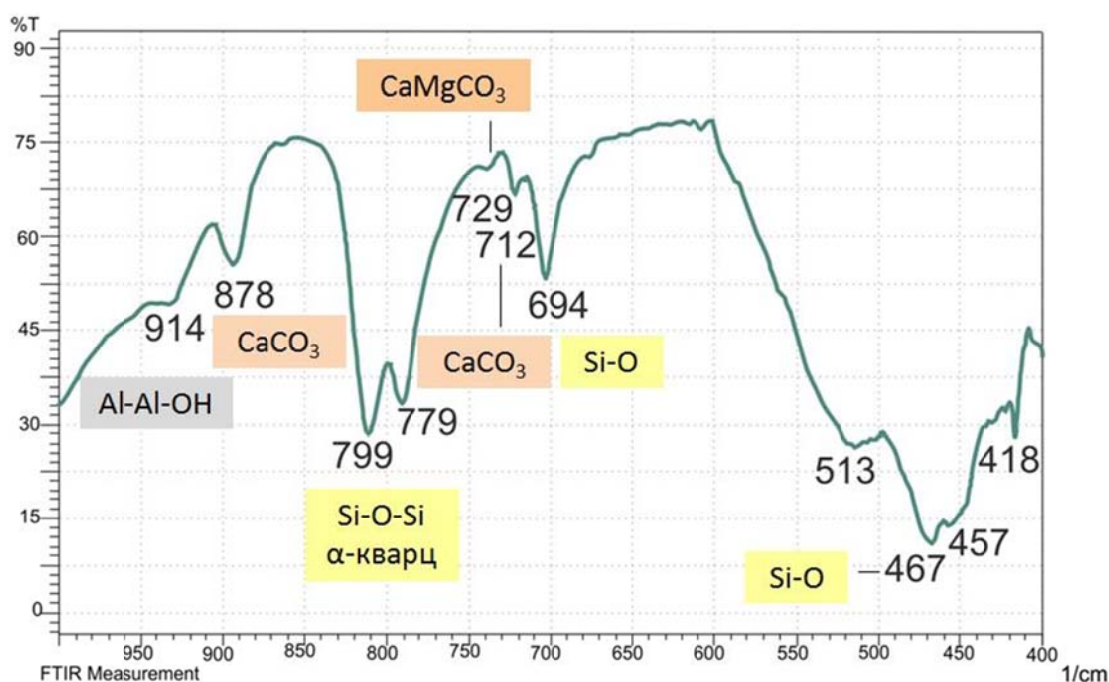


Рисунок 2. Область поглощения в интервале 400...1000 см^{-1} .
Образец: Темно-серая кремнистая порода с карбонатными обломками

При частоте поглощения 1088 см^{-1} наблюдается широкая полоса поглощения, которая может быть обусловлена колебаниями связей Si-O-Si кремнекислородного каркаса. Полоса 797 см^{-1} соответствует Si-O-Si колебаниям колец из SiO_4 тетраэдров. В области 400...1300 см^{-1} инфракрасного спектра можно выделить характерные полосы валентных колебаний Si-O связи (кварц SiO_2): 1088, 799, 779, 694, 467 см^{-1} (рисунок 8). Полоса деформационных колебаний Al-Al-OH соответствует пику 914 см^{-1} [16].

Спектры инфракрасного поглощения минералов группы каолинита имеют двойной пик поглощения при 3734...3600 см^{-1} (3696 и 3620 см^{-1}) [17, 18]. Спектр монтмориллонита имеет одну характерную полосу поглощения колебаний OH-групп со значением 3620 см^{-1} [17]. Полоса поглощения монтмориллонита имеет большую ширину спектральной линии по сравнению со спектром каолинита на той же полосе поглощения [19]. Поглощение в данной области характерно для группы монтмориллонита с высоким содержанием Al в октаэдре. Кроме того, характерным для монтмориллонита является наличие еще одного пика с частотой поглощения 3420 см^{-1} . Спектры инфракрасного поглощения исследуемых нами образцов имеют характерные пики со значениями 3693-3694, 3618 и 3420 см^{-1} (рисунок 3). Поэтому, можно предположить, что в исследуемых образцах содержится минерал, относящийся к группе монтмориллонита.

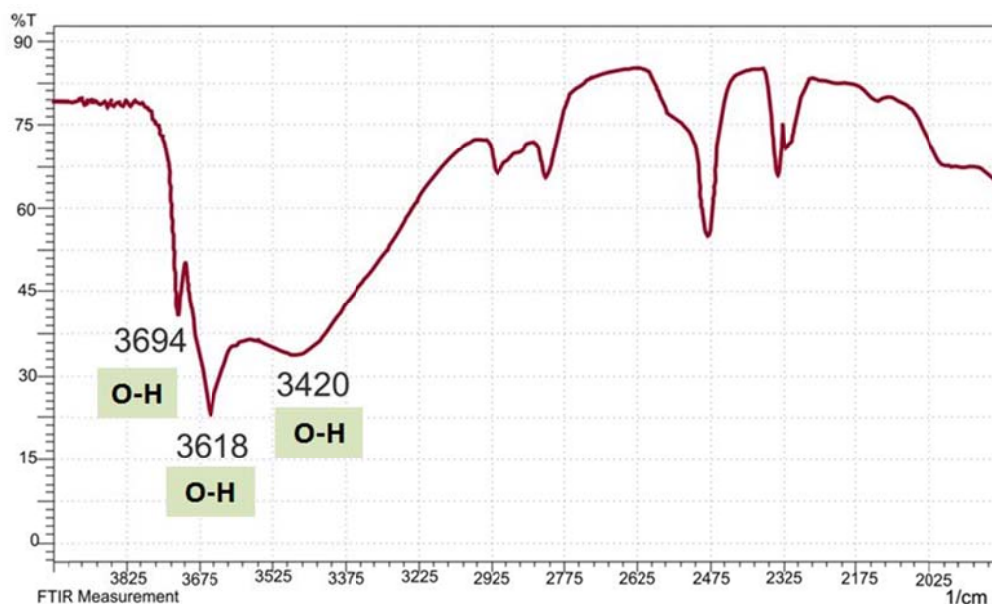


Рисунок 3. Область поглощения ОН-групп.

Образец: Темно-серая кремнистая порода с карбонатными обломками

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в сложный состав известняков палеозойских отложений Калиновского нефтегазоконденсатного месторождения отражается в спектрах их инфракрасного поглощения. Глинисто-кремнистые известняки содержат глинистый минерал группы монтмориллонита, определяемый по ИК-спектрам.

Образование монтмориллонита идет в морской среде путем замещения слюд, гидрослюд и других минералов при воздействии щелочных растворов на окружающие минералы, в гидротермальных условиях, почвах, в водоемах аридного климата при выветривании изверженных и метаморфических пород. Присутствие монтмориллонита может свидетельствовать о повторном отложении гидротермальных продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Weaver C.H. Possible uses of clay minerals in the search for oil // *Clays and Clay Minerals*. – 1959. – 8. – pp. 214–227.
2. Grim R. E. Relation of clay mineralogy to origin and recovery of petroleum: *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.* – 1947. – 31(8). – pp. 1491–1499.
3. Brooks B.T. Evidence of Catalytic Action in Petroleum Formation *Ind. Eng. Chem.* – 1952. – 44 (11). – pp. 2570–2577.
4. Гойло Э. А., Истомина И. М. Минералы глин - индикаторы седиментационных и постседиментационных процессов в покрышках месторождений нефти и газа // *Вестник СПбГУ. Серия 7. Геология. География.* – 2005. – №3 – С.3-18.
5. Исаева Е. Р. Геохимические критерии выявления коллекторов и прогноз характера их насыщения на примере отложений Пур-Тазовской нефтегазоносной области (Западная Сибирь): диссертация на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук: спец. 25.00.09 / Е. Р. Исаева; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); науч. рук. В. Г. Ворошилов. — Томск, 2016.

6. Лебедев Б.А. Геохимия эпигенетических процессов в осадочных бассейнах / Б.А. Лебедев. – Л.: Недра, 1992. – 239 с.
 7. Shu Jiang. Clay Minerals and Oil and Gas Exploration // InTech Chapter 2 for book Clay Minerals in Nature –Their Characterization, Modification and Application. – 2012. – pp. 21–38.
 8. Крупская В.В., Крылов А.А., Соколов В.Н. Глинистые минералы как индикаторы условий осадконакопления на рубежах мел-палеоцен-эоцен на хребте Ломоносова (Северный Ледовитый Океан) // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2011. – № 2. – С.23–35.
 9. Николаев С.М.. Статистика современной минералогической информации. – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2010. –128с.
 10. Дриц В.А., Сахаров Б.А. Рентгеноструктурный анализ смешанослойных минералов// ГИН. – М.: Наука, 1976. – № 295. – 256с.
 11. Топор Н.Д., Огородова Л.П., Мельчакова Л.В. Термический анализ минералов и неорганических соединений. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 190 с.
 12. Anderson R.L., Ratsliffe I., Greenwell H.C., Williams P.A., Cliffe, S., Coveney P.V. Clay swelling – A challenge in the oil field // Earth-Science Reviews. – 2010. – 98. – pp. 201–216.
 13. Petit S. Fourier Infrared Spectroscopy. In: Lagaly G. (Ed.): Handbook of Clay Science: Developments in Clay Science. – Elsevier, 2006. – 1. – pp. 909–918.
 14. Коровкин М.В. Инфракрасная спектроскопия карбонатных минералов: Учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 80 с.
 15. Литология и коллекторские свойства палеозойских карбонатных пород Томской области в связи с их нефтегазоносностью: Окончательный отчет о НИР: Тема № 2-2/79/ Томский политехнический институт (ТПИ), ОАО "Томскнефть"; руководитель А. Ф. Сенаколис; Г. И. Кириенко. Томск, 1981. 122 с.
 16. Ritz M. Vaculikova, L., Plevova, E. Application of infrared spectroscopy and chemometric methods to identification of selected minerals // Acta Geodyn, Geomater. – 2011. – 8(1) (161). – pp. 47–58.
 17. Madejová J. FTIR techniques in clay mineral studies // Vibrational Spectroscopy. – 2003. – 31(1). – pp. 1–10.
 18. Vu Cong Khang, Mikhail V. Korovkin, Ludmila G. Ananyeva. Identification of clay minerals in reservoir rocks by FTIR spectroscopy. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2016. – 43(1). – pp. 012004.
 19. Vaculikova L., Plevova E. Identification of clay minerals and micas in Sedimentary Rocks // Acta Geodyn, Geomater. – 2005. – 12(2) (138). – pp. 167–175.
-



Шатова Мария Николаевна. Студентка 4 курса кафедры геологии и разработки нефтяных месторождений, Института природных ресурсов, НИ ТПУ, г. Томск.



Коровкин МихаилВладимирович. Доктор геолого-минералогических наук, профессор, кафедры геологии и разработки нефтяных месторождений, Института природных ресурсов, НИ ТПУ, г. Томск.