

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2025)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/PXLE1275>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А. Р.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/NJKI9829>**А. А. Кенбай¹, А. У. Алдияров², *Д. Е. Ережел³**^{1,2}Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы³Казахский Национальный Исследовательский Технический университет
имени К. И. Сатпаева, Республика Казахстан, г. Алматы¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6803-5873>²ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5091-7699>³ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2232-2911>*e-mail: darhan_13@physics.kz

КРИОГЕННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ FTIR- СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

Предмет работы. Исследование углеводородных материалов при низких температурах и атмосферном давлении с помощью Fourier transform infrared (FTIR) спектроскопии и криогенно-капиллярной системы, позволяющими изучать оптические свойства различных веществ при атмосферном давлении в диапазоне температур 80–226 К без необходимости использования вакуума. Цель. Получение новых фундаментальных данных о поведении и свойствах углеводородных топлив в упомянутых выше условиях, так как исследования с помощью данной технологии не сильно распространены. Методика. Описана методика изучения углеводородов инфракрасным (ИК) Фурье-спектрометром, приставкой диффузного отражения и двумя сосудами Дьюара, один из которых предназначен для охлаждения образцов жидким азотом внутри криогенно-капиллярной системы, а второй – для создания ИК-неактивной среды, в которую помещаются образцы. Результаты. Получены FTIR-спектры характеристических пиков функциональных групп керосина C-H, отражающие колебания и их виды в определенных диапазонах волновых чисел, проведен анализ данных пиков и приведены сравнения с результатами исследований других авторов в этой области, отмечена хорошая корреляция результатов, что говорит об эффективности методики изучения.

Ключевые слова: Криогенно-капиллярная система, FTIR-спектроскопия, низкотемпературная ячейка, низкие температуры, керосин

Введение

На заре спектроскопии и с момента появления технологий, позволяющих изучать углеводородные соединения спектроскопическими методами при низких температурах, процесс сопровождался образованием вакуума, без которого было затруднительно изучать наноструктуру [1], молекулярный состав [2], физико-химические, термические и оптические свойства [3; 4; 5; 6] вещества из-за наличия в воздухе влаги и других примесей, препятствующих качественному исследованию и анализу вещества любым из спектроскопических методов, включая ИК-Фурье [7].

Низкотемпературное исследование веществ [8], в частности углеводородных соединений, подразумевающее использование ИК-спектроскопии, предполагает наличие сверхнизкого давления [9], т.е. вакуума, вследствие чего результаты качественных фундаментальных исследований оптических свойств углеводородных веществ при атмосферном давлении пока еще весьма редки, поскольку этот вопрос сопряжен с рядом проблем, таких как сложность разработки, поддержания и последующей модернизации технологий спектроскопического исследования, позволяющих достигать низких температур при атмосферных давлении, сложность создания инертной и ИК-неактивной или ИК-прозрачной среды [10], позволяющей достичь точности за счет низкого уровня шума спектров и высокой интенсивности излучения, а также отсутствие разработанной точной пошаговой методики исследования.

В целом, в мире существует очень мало технологий для изучения углеводородных веществ при низкой температуре и атмосферном давлении. Хотя некоторые исследования [11; 12] включают эксперименты по спектроскопии при атмосферном давлении и низких температурах, в этом направлении существует ограниченное количество научных исследований из-за проблем, описанных выше. Мы предлагаем технологию [13] для ИК-Фурье спектроскопического исследования углеводородных топлив при атмосферном давлении, но при низких (до 77 К) температурах, которая представляет решения вышеуказанных проблем при исследовании вне вакуума.

Идеей статьи является предлагаемая опытная установка криогенно-капиллярной системы с низкотемпературной ячейкой и методика измерения на ней, позволяющие получать принципиально новые фундаментальные данные о свойствах и поведении углеводородных материалов при низких температурах и атмосферном давлении, представляющие собой ценную

информацию, которая может способствовать последующему развитию качественных исследований в этом направлении, включая более фактические данные, связанные с действием молекул в этих условиях, что может в дальнейшем способствовать разработке более точного технологического оборудования. Данное исследование соответствует целям в соответствии с Целями устойчивого развития [14] ЦУР 4 – Качественное образование и ЦУР 9 – Промышленность, инновации и инфраструктура, принятыми ООН. Эти новые данные могут быть использованы при написании учебных пособий для студентов высшего образования технических вузов с направлением STEM, а также в качестве теоретических данных для сферы инновационной энергетики.

Материалы и методы

Для получения качественных результатов низкотемпературных спектроскопических исследований углеводородных материалов при атмосферном давлении мы проводим эксперименты с использованием криогенно-капиллярной системы с низкотемпературной измерительной ячейкой. Для предоставления точной информации о спектроскопических данных углеводородов мы используем высокоточный Фурье-спектрометр среднего ИК-диапазона фирмы «Инфраспек» со спектральным разрешением $0,125\text{ см}^{-1}$ в диапазоне $370\text{--}7800\text{ см}^{-1}$ (рисунок 1).

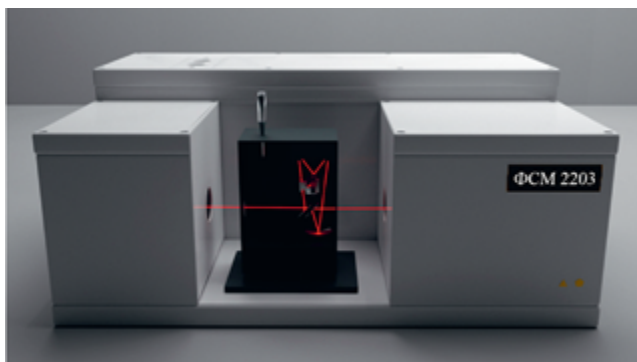


Рисунок 1 – Инфракрасный Фурье-спектрометр «ФСМ 2203» с приставкой диффузного отражения

Для проведения эксперимента по низкотемпературной спектроскопии диффузного отражения при атмосферном давлении нам понадобилось разработать установку, позволяющую изучать углеводородные вещества в этих условиях. Основное внимание уделяется возможности регулирования температуры исследуемого образца в приставке диффузного отражения

(рисунок 2), где образец располагается в кюветном отделении спектрометра ФСМ 2203. Особое значение имеет возможность снижения температуры до 77 К. Использование метода диффузного отражения влечет за собой минимальные требования к пробоподготовке и позволяет исследовать неровные поверхности и различные покрытия, включая полимеры. Кроме того, этот метод позволяет проводить спектральный анализ в широком диапазоне, что дает преимущество перед традиционными методами измерения на пропускание.

Первичная обработка полученных ИК-спектров проводится с помощью программного обеспечения FSpes, последующий анализ осуществляется с помощью программного обеспечения Origin.

Для того, чтобы добиться снижения температуры испытуемого образца внутри ячейки выдвижного держателя приставки, была реализована специально разработанная модификация на основе стандартного держателя образца (рисунок 3). Усовершенствованная конструкция держателя включает два основных материала: полилактид и медь. Выбор этих материалов для конкретных компонентов держателя основан на их соответствующих свойствах теплопроводности. Полилактид с теплопроводностью в диапазоне примерно от 0,11 до 0,19 Вт/м*К выбран для противодействия неблагоприятному воздействию внешних температур как на медный стержень, так и на образцы, размещенные в измерительных ячейках.

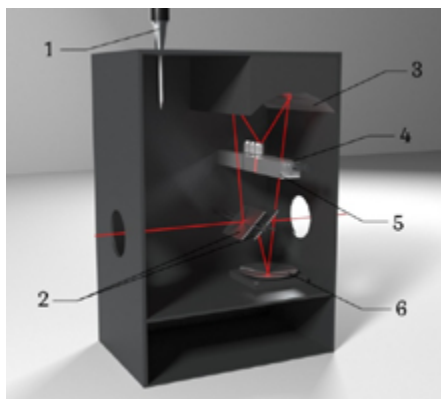


Рисунок 2 – Схематическое изображение приставки диффузного отражения: 1 – микрометрический винт; 2 – двухстороннее плоское зеркало; 3 – эллиптическое зеркало; 4 – выдвижной держатель образцов; 5 – направляющая; 6 – сферическое зеркало

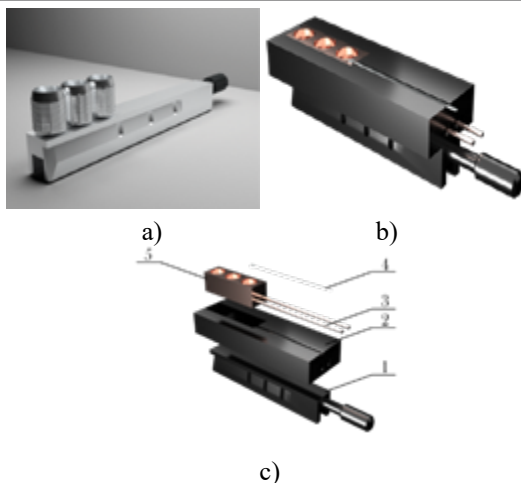


Рисунок 3. Трехмерная модель выдвижного держателя. а) стандартный выдвижной держатель образцов, б) модернизированный специализированный выдвижной держатель образцов в собранном виде, в) модернизированный специализированный выдвижной держатель образцов в разобранном виде. 1 – ручка держателя, 2 – теплоизолирующая крышка держателя, 3 – криогенно-капиллярная система, 4 – датчик температуры (термопара), 5 – контейнер

Охлаждение исследуемых образцов до температуры 77 К осуществляется непрерывным потоком жидкого и газообразного азота через медную трубку криогенной капиллярной системы.

Криогенно-капиллярная система соединена с упомянутым выше сосудом Дьюара через герметичную систему крепления (рисунок 4).

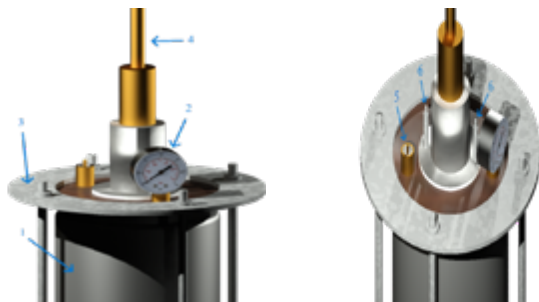


Рисунок 4 – Криогенная капиллярная система и сосуд Дьюара (термос)

Данная установка предназначена для подачи и охлаждения образцов при атмосферном давлении в низкотемпературной ячейке с постоянной циркуляцией жидкого и газообразного азота (77 К) через медные капилляры.

Для обеспечения чистоты эксперимента в приставку диффузного отражения была встроена система продувки с помощью газификатора. С вводом в приставку газообразного азота, создается инертная среда, которая не только предохраняет образцы и медный стержень от образования инея, но и поддерживает целостность эксперимента за счет создания ИК-неактивной среды.

Структура газификатора показана на рисунке 5.

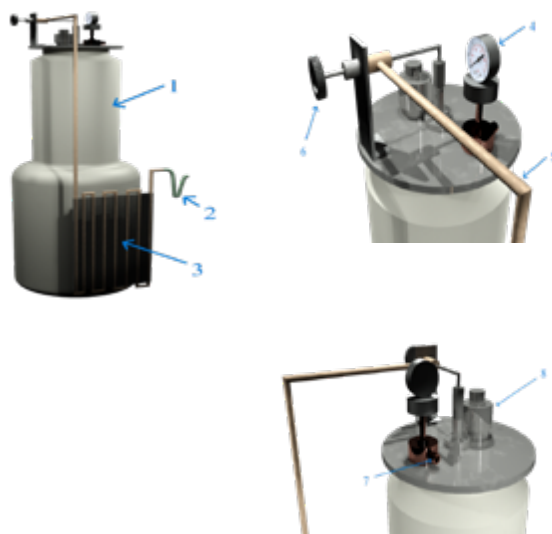


Рисунок 5 – Газификатор, генерирующий азот для инертной ИК-неактивной среды

Температура образцов в ячейках контейнера изменяется по мере того, как мы охлаждаем их потоком азота или нагреваем их, останавливая циркуляцию азота. Нам необходимо знать точную температуру образцов при снятии спектра. Для измерения температуры образца мы используем термопару типа E (хромель и константан), подключенную к криогенному ПИД-регулятору температуры LakeShore Model 325.

После этого нам необходимо проанализировать спектры, полученные в ходе этого эксперимента, и оформить результаты. Эти исследования и

эксперименты могут быть использованы в качестве фундаментальной информации для многих спектроскопических исследований углеводородных материалов, поскольку результаты получены при низкой температуре, но при атмосферном давлении. Но перед этим важно сравнить наши результаты с другими данными получения спектров углеводородов с использованием низкотемпературных установок.

Результаты и обсуждение

Результаты эксперимента, проведенного авторами в рамках данной работы с помощью криогенно-капиллярной системы, представлены на рисунке 6. Испытуемое вещество – керосин.

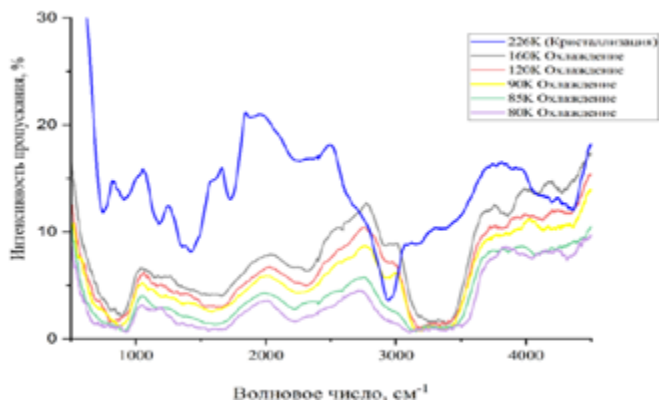


Рисунок 6 – Спектры пропускания керосина при охлаждении от комнатной температуры (показано только несколько температур)

На данном спектре пропускания видны характерные пики функциональных групп керосина, в частности, растяжения и изгибы связей С-Н, также можно заметить тенденцию сдвига пика растяжения С-Н связи относительно фазового перехода (кристаллизации). Как мы видим, наблюдается выраженный гипсохромный сдвиг для растяжения С-Н в диапазоне волновых чисел 3200-3500 см⁻¹.

Ниже приведены результаты других авторов (рисунок 7) [15] и сравнительный анализ с нашим экспериментом. В данном графике вышеуказанное колебание соответствует длине волны при нормальных условиях: растяжение С-Н при 2800-3000 см⁻¹.

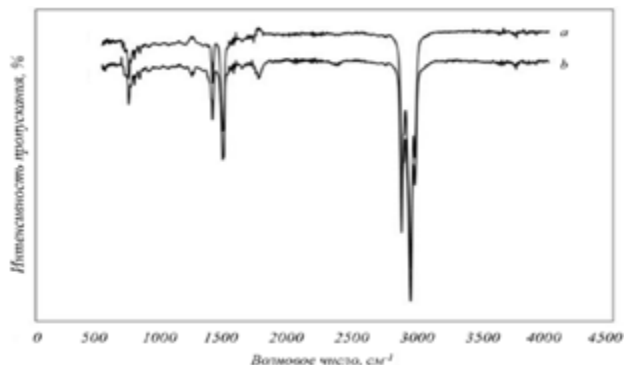


Рисунок 7 – ИК-спектры пропускания керосина (а) до и (б) после ультразвукового облучения.

Результаты других ученых приведены на рисунке 8 [16] – все характеристические пики, соответствующие FTIR-спектрам керосина в нашем исследовании, в частности колебаниям С-Н, присутствуют,

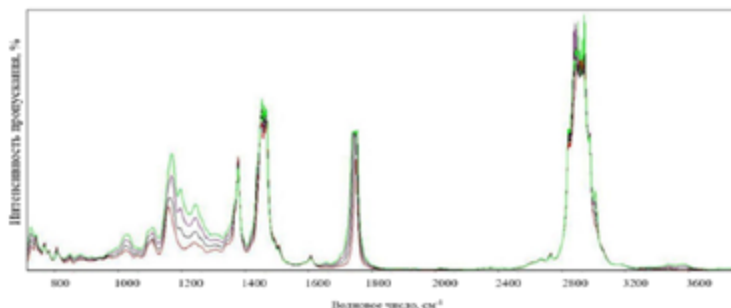


Рисунок 8 – ИК-спектры пропускания керосин+биодизель

что дополнительно подтверждает работоспособность и эффективность метода измерения, использованного в нашем исследовании.

Больше FTIR-спектров других авторов в этой области [17] приведены на рисунке 9. Мы можем видеть те же самые характерные пики, которые мы наблюдали в предыдущих сравнениях, в частности, растяжение С-Н при 2800-3000 см⁻¹, изгиб С-Н (ножницы) при 1500 см⁻¹ и изгиб С-Н (качение и выход из плоскости) при 800 см⁻¹. Несмотря на то, что керосин смешан с

бензином, все эти вещества состоят из компонентов С (углерод) и Н (водород), колебания которых рассматриваются в нашем исследовании.

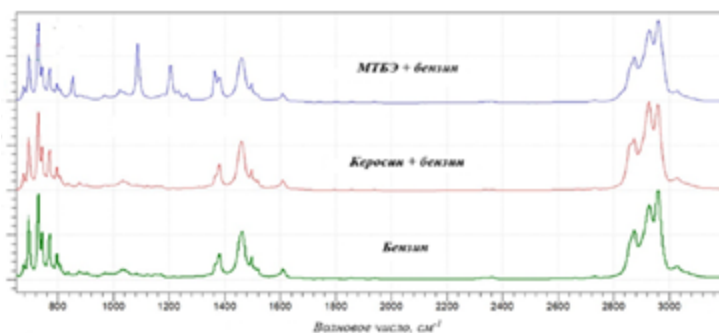


Рисунок 9 – Спектры пропускания ИК-Фурье образцов, смешанных с МТБЭ, керосином и бензином, при 650–3200 см⁻¹.

Гипсохромный сдвиг обусловлен тем, что исследуемый образец (керосин) охлаждался из жидкой фазы от температуры 300 К до 77 К, претерпевая фазовый переход, что в совокупности не могло не повлиять на конечный результат FTIR-спектра, а также влиянием не вакуумной среды.

Приведенный сравнительный анализ доказывает работоспособность и эффективность нашей установки с низкотемпературной ячейкой и криогенно-капиллярной системой, используемыми в наших экспериментах при низких температурах (от 300 К до 80 К) и атмосферном давлении (101 325 Па, 1 атм).

Информация о финансировании

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19680205 «Исследование процессов адсорбции в аморфных структурах криоконденсатов при низких температурах на модельных поверхностях космических объектов»)).

Выводы

В данной работе описана экспериментальная установка и методика измерений для исследования углеводородных соединений, в частности керосина, при низких температурах и атмосферном давлении с использованием криогенно-капиллярной системы с системой продувки азотом, газификатора и ИК Фурье-спектрометра высокого разрешения. Проверка, проведенная путем сравнения FTIR-спектров керосина, полученных с помощью нашей установки, с результатами FTIR-спектров, представленных другими исследователями, позволяет сделать вывод о наличии хорошей корреляции.

Представленная установка имеет ряд преимуществ, таких, как возможность исследования низкотемпературных образцов при атмосферном давлении, получения принципиально новых фундаментальных данных о свойствах и структуре углеводородных веществ в необычных условиях и возможность представить ее научному сообществу в качестве нового работоспособного устройства для криогенных исследований при атмосферном давлении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Shaalan, N. M. (2024). An approach to fabricate nanomaterials using a closed low-temperature growth system. *Materials Chemistry and Physics*, 328, 129930. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2024.129930>

2 Carrascosa, H., Muñoz Caro, G. M., Martín-Doménech, R., Cazaux, S., Chen, Y.-J., & Fuente, A. (2024). Formation and desorption of sulphur chains (H₂S x and S x) in cometary ice: Effects of ice composition and temperature. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 533(1), 967–978. <https://doi.org/10.1093/mnras/stae1768>

3 Sokolov, D. Y., Yerezhep, D., Vorobyova, O., Ramos, M. A., & Shinbayeva, A. (2022). Optical studies of thin films of cryocondensed mixtures of water and admixture of nitrogen and argon. *Materials*, 15(21), 7441. <https://doi.org/10.3390/ma15217441>

4 Sokolov, D. Y., Yerezhep, D., Vorobyova, O., Golikov, O., & Aldiyarov, A. U. (2022). Infrared analysis and effect of nitrogen and nitrous oxide on the glass transition of methanol cryofilms. *ACS Omega*, 7(50), 46402–46410. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c05090>

5 Yerezhep, D., Akylbayeva, A., Golikov, O., Sokolov, D. Y., Shinbayeva, A., & Aldiyarov, A. U. (2023). Analysis of vibrational spectra of tetrafluoroethane glasses deposited by physical vapor deposition. *ACS Omega*, 8(22), 19567–19574. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c00985>

6 Golikov, O. Yu., Yerezhep, D. E., & Sokolov, D. Yu. (2023). Researching carbon dioxide hydrates in thin films via FTIR spectroscopy at temperatures of 11–180 K. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 23(3), 483–492. <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2023-23-3-483-492>

7 Xu, J., Liu, Q., Zheng, T., Xie, M., Shen, H., Li, Y., Guo, F., Zhang, Q., Duan, M., & Wu, K.-H. (2025). Comparing low-temperature NH₃-SCR activity, operating temperature window and kinetic properties of the Mn-Fe-Nb/TiO₂ catalysts prepared by different methods. *Separation and Purification Technology*, 356, 129906. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2024.129906>

8 **Moody, G., Kavir Dass, C., Hao, K., Chen, C.-H., Li, L.-J., Singh, A., Tran, K., Clark, G., Xu, X., Berghäuser, G., Malic, E., Knorr, A., & Li, X.** (2015). Intrinsic homogeneous linewidth and broadening mechanisms of excitons in monolayer transition metal dichalcogenides. *Nature Communications*, 6(1), 8315. <https://doi.org/10.1038/ncomms9315>

9 **Golikov, O. Yu., Yerezhep, D., & Sokolov, D. Yu.** (2023). Improvement of the automatic temperature stabilisation process in the cryovacuum unit. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 23(1), 62–67. <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2023-23-1-62-67>

10 **Dillinger, S., Mohrbach, J., Hewer, J., Gaffga, M., & Niedner-Schatteburg, G.** (2015). Infrared spectroscopy of N₂ adsorption on size selected cobalt cluster cations in isolation. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 17(16), 10358–10362. <https://doi.org/10.1039/C5CP00047E>

11 **Serdyukov, V. I., Sinitisa, L. N., Lugovskoi, A. A., & Emel'yanov, N. M.** (2020). Liquid-nitrogen-cooled optical cell for the study of absorption spectra in a fourier spectrometer. *Atmospheric and Oceanic Optics*, 33(4), 393–399. <https://doi.org/10.1134/S1024856020040144>

12 **Serdyukov, V. I., Sinitisa, L. N., Lugovskoi, A. A., & Emelyanov, N. M.** (2019). Low-temperature cell for studying absorption spectra of greenhouse gases. *Atmospheric and Oceanic Optics*, 32(2), 220–226. <https://doi.org/10.1134/S1024856019020106>

13 **Kenbay, A. A., Golikov, O. Yu., Aldiyarov, A. U., & Yerezhep, D. E.** (2023). Low-temperature cell for IR Fourier spectrometric investigation of hydrocarbon substances. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 23(4), 696–702. <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2023-23-4-696-702>

14 **Nguyen, T.-D., & Ngo, T. Q.** (2022). The role of technological advancement, supply chain, environmental, social, and governance responsibilities on the sustainable development goals of SMEs in Vietnam. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 35(1), 4557–4579. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.2015611>

15 **Dollah, A., Zainol Rashid, Z., Hidayati Othman, N., Nurliyana Che Mohamed Hussein, S., Mat Yusuf, S., & Shuhadah Japperi, N.** (2018). Effects of ultrasonic waves during waterflooding for enhanced oil recovery. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(3.11), 232. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.11.16015>

16 **Mirea, R., & Cican, G.** (2024). Theoretical assessment of different aviation fuel blends based on their physical-chemical properties. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 14(3), 14134–14140. <https://doi.org/10.48084/etasr.6524>

17 Biaktluanga, L., Lalhrvaitluanga, J., Lalramnghaka, J., & Thanga, H. H. (2024). Analysis of gasoline quality by ATR-FTIR spectroscopy with multivariate techniques. Results in Chemistry, 8, 101575. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2024.101575>

Поступило в редакцию 25.12.24

Поступило с исправлениями 22.01.25

Принято в печать 10.03.25

А. А. Кеңбай¹, А. У. Алдияров², *Д. Е. Ережен³

^{1,2}Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті,

Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

³Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Зерттеу

университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

25.12.24 ж. баспаға түсті.

22.01.25 ж. түзетулерімен түсті.

10.03.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

АТМОСФЕРАЛЫҚ ҚЫСЫМДА КӨМІРСУТЕК ҚОСЫЛЫСТАРЫНЫҢ ӘРЕКЕТТЕРІН FTIR СПЕКТРОСКОПИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ ҮШІН КРИОГЕНДІ ОРНАТУ

Жұмыс пәні. Fourier transform infrared (FTIR) спектроскопия және криогендік-капиллярлық жүйе арқылы төмен температура мен атмосфералық қысымдағы көмірсутек материалдарын зерттеу, вакуумды қажет етпестен 80 – 226 К температура диапазонында атмосфералық қысымдағы әртүрлі заттардың оптикалық қасиеттерін зерттеуге мүмкіндік береді. Мақсат. Жоғарыда аталған жағдайларда көмірсутек отындарының мінез-құлқы мен қасиеттері туралы жаңа іргелі мәліметтер алу, өйткені осы технологияны қолдану арқылы зерттеу өте кең таралған емес. Әдістеме. Көмірсутектерді инфрақызыл (ИК) Фурье-спектрометрмен, диффузды шағылысу префиксімен және екі Дьюар ыдысымен зерттеу әдістемесі сипатталған, олардың бірі үлгілерді криогендік-капиллярлық жүйенің ішіндегі сұйық азотпен салқындатуға арналған, ал екіншісі үлгілер орналастырылған ИҚ белсенді емес ортаны құруға арналған. Нәтижелер. Толқындық сандардың белгілі бір диапазонындағы тербелістер мен олардың түрлерін көрсететін C-H керосинінің функционалды топтарының сипаттамалық шыңдарының FTIR спектрлері алынды, шыңдардың деректерін талдау жүргізілді және осы саладағы басқа авторлардың зерттеу нәтижелерімен

салыстырулар келтірілді, нәтижелердің жақсы корреляциясы атап өтілді, бұл зерттеу әдістемесінің тиімділігін көрсетеді.

Кілтті сөздер: Криогенно-капиллярная система, FTIR-спектроскопия, низкотемпературная ячейка, низкие температуры, керосин.

*A. Kenbay¹, A. Aldiyarov², *D. Yerezhep³*

^{1,2}Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan, Almaty c.

³Satbayev University, Republic of Kazakhstan, Almaty.

Received 25.12.24

Received in revised form 22.01.25

Accepted for publication 10.03.25

CRYOGENIC SETUP FOR FTIR-SPECTROSCOPIC RESEARCH OF HYDROCARBON COMPOUNDS BEHAVIOR UNDER ATMOSPHERIC PRESSURE

Subject of the work. Study of hydrocarbon materials at low temperatures and atmospheric pressure using Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy and a cryogenic capillary system, allowing to study the optical properties of various substances at atmospheric pressure in the temperature range of 80 – 226 K without the need for vacuum. Objective. Obtaining new fundamental data on the behavior and properties of hydrocarbon fuels under the above-mentioned conditions, since studies using this technology are not very widespread. Methodology. The paper describes a technique for studying hydrocarbons using an infrared (IR) Fourier spectrometer, a diffuse reflectance attachment, and two Dewar vessels, one of which is designed to cool samples with liquid nitrogen inside the cryogenic capillary system, and the second to create an IR-inactive environment in which the samples are placed. Results. FTIR spectra of characteristic peaks of kerosene functional groups C-H were obtained, reflecting vibrations and their types in certain ranges of wave numbers, analysis of these peaks was carried out and comparisons with the results of studies of other authors in this field were given, a good correlation of the results was noted, which indicates the efficiency of the study methodology.

Keywords: Cryogenic capillary system, FTIR spectroscopy, low temperature cell, low temperatures, kerosene.

Теруге 10.03.2025 ж. жіберілді. Басуға 28.03.2025 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4358

Сдано в набор 10.03.2025 г. Подписано в печать 28.03.2025 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4358

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz