

электростатических взаимодействий со средой, поскольку его атомы не подвергаются атаке полярными группами растворителей.

Список использованной литературы:

1. Meenu Km., Bag D.S., Lagarkha R., Tomar R., Gupta A.K. *Functional Polysilanes and their Optical, Chiroptical and Photoluminescence Properties. Current Organocatalysis.* 2019. 6(3). <https://doi.org/10.2174/2213337206666190415124549>.
2. Folster C.P., Klausen R.S. *Metallocene influence on poly(cyclosilane) structure and properties. Polymer Chemistry.* 2018. 9(15). P. 1938-1941.
3. Huang C.J., Wang Z.H., Wang M.C. *Polysilane as SiC precursor: preparation. Catalytic Cure and Pyrolysis. Eng. Mat.,* 2016. 697. P. 148-152.
4. Sakhno T.V., Korotkova I.V. *Applications of quantum-chemical approaches to some spectral problems of organopolysilane: матеріали Всеукраїнської міждисциплінарної конференції "Людина, природа, техніка у XXI столітті". (26-27 травня 2011 р. м. Полтава). – Полтава: ПДАА, 2011. С. 68-70.*
5. Korotkova I.V., Sakhno T.V. *Conformation Calculation on Polysilanes in solutions. XVIII International School-Seminar "Spectroscopy of Molecules and Crystals". Beregovo, Crimea, Ukraine, September 25-29, 2007. P.220–221.*
6. Korotkova I.V., Sakhno T.V. *Structural Studies on Alkyl-Substituted Polysilane Derivatives in solutions and nanoporous materials. 2nd International Symposium, "Methods and Applications of Computational Chemistry" Kyiv, Ukraine, July 2-4, 2007. P.73.*
7. Korotkova I., Sakhno T., Drobit`ko I., Sakhno Y., Ostapenko N. *Structure of poly(di-n-hexylsilane) in nanoporous materials. Chemical Physics.* 2010. 374. P. 90-103.
8. Короткова И.В., Сахно Т.В., Сахно Ю.С., Дробітько І.К. *Квантово-химическое исследование наноконпозиций на основе полидигексилсиланов. Вісник Черкаського університету, серія «Хімічні науки», 2010. Вип. 175. – С.34-37*

ПРОБЛЕМИ НАФТОВИДОБУТКУ І ЗАСТОСУВАННЯ РІВНЯНЬ СТАНУ ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ВИДІЛЕННЯ ТВЕРДОЇ ФАЗИ

**Ульченко Н.С., Заїка С.О.,
Лобурець А.Т. (м. Полтава)**

Більшість родовищ нафти зараз вже досягли зрілої стадії і там видобуток вуглеводневої сировини почав скорочуватися. Внаслідок зростання попиту на нафту, нафтові компанії почали інтенсивно працювати над освоєнням нових джерел вуглеводнів. Це сланці, газогідрати та нафта і газ із приполярних та полярних зон нашої планети. Здійснюється освоєння глибоких акваторій для видобутку нафти [1]. В регіонах з низькими температурами існують серйозні перешкоди для успішного розвитку нафтовидобутку. Суть проблеми полягає в

тому що при низьких температурах (нижчих за температуру початку кристалізації важких фракцій алканів) починають формуватися тверді фази. Це призводить до зниження темпів видобутку. Проблеми боротьби з виділенням твердої фази можуть стати дуже затратними через втрати часу на видалення парафінів. Виникає необхідність розроблення спеціальних заходів для виокремлення важких алканів у контрольованих умовах, або недопущення початку кристалізації. Для того, щоб розробити ефективні методики, потрібно володіти інформацією про сиру нафту та вивчати властивості її фазової поведінки залежно від складу та термобаричних умов існування. Важливою є інформація про густину, молярну масу, в'язкість, температури плавлення і кристалізації, вміст та швидкість виділення твердих парафінів і визначення композиційних характеристик сирової нафти та твердих відкладень [1 - 3].

Метою нашої роботи є здійснення критичного аналізу існуючої інформації про індивідуальні термодинамічні характеристики важких алканів на основі експериментальних літературних даних про паро-рідинні рівноваги.

Wax (віск, парафін) - загальний термін, що використовується для опису всіх видів твердих речовин, що випадають в осад чи розчиняються при охолодженні або нагріванні нафтопродуктів. Осадження важких фракцій вуглеводнів під час видобутку та транспортування парафінової нафти є однією з найбільш серйозних проблем, з якими доводиться боротися при видобуванні, транспортуванні та переробці вуглеводневої сировини [1-4]. Видобуті вуглеводні, як правило, складаються з n-парафінів (лінійних алканів) і невеликої кількості розгалужених парафінів та ароматичних сполук. Нафтенів (циклічні) і довголанцюгові парафіни вносять свій негативний внесок у виникнення мікрокристалічних утворень, сильно впливаючи на процеси росту кристалічних відкладень. У деяких випадках вміст важких алканів у нафтах може досягати майже 30% [1]. В результаті зародження мікрокристалів твердої фази в потоці рідкої вуглеводневої сировини утворюються парафінові пробки. Вони являють

собою органогелі. Це структуровані системи, що складаються з високомолекулярних і низькомолекулярних алканів. [1, 2]. Високомолекулярні речовини утворюють тривимірні полімерні каркаси (матриці). Пустоти в цих каркасних утвореннях заповнюються низькомолекулярним розчинником. Гелям притаманні механічні властивості твердих тіл. Це відсутність текучості, здатність зберігати форму, міцність і пружність та пластичність. Такі процеси потребують серйозного вивчення з метою розроблення розчинів для контролю процесів осадження твердої фази. При розробці парафінових родовищ зростають обсяги капітальних інвестицій та експлуатаційні витрати. Це може спричинити серйозні фінансові проблеми для оператора такого родовища або навіть призвести до припинення видобутку, коли він стане нерентабельним через блокування об'єктів парафіновими відкладеннями. Сучасні коригувальні заходи включають механічну, хімічну та теплову методики запобігання осадженню та чищення осадів, які уже утворилися [5].

Явище кристалізації важких алканів породжує дві основні проблеми – технічну та економічну. Чим раніше буде виявлено наявність цієї проблеми, тим легше буде розробити та реалізувати ефективні заходи профілактики чи контролю, щоб зменшити або усунути існуючі технічні та економічні проблеми, пов'язані з виділенням твердої фази.

Застосування єдиних рівнянь стану для опису властивостей співіснуючих рівноважних фаз в термодинамічних системах заданого складу є найбільш зручним, так як ці рівняння у компактній аналітичній формі містять максимальну інформацію про дану систему. В основу розрахунку фазових рівноваг з використанням рівнянь стану покладено класичне положення термодинаміки про рівність хімічних потенціалів компонентів системи у всіх співіснують фазах [6]. При моделюванні процесу фазових перетворень вуглеводневих сумішей обов'язковою є інформація про критичні константи кожного компонента термодинамічної системи [7, 8]. Для багатоконпонентної системи рівняння стану

є термодинамічною моделлю рівноважних парової і рідинної фаз окремо. Однією з переваг застосування рівнянь стану є можливість розрахунку фазових рівноваг сумішей, що складаються з вуглеводнів різної будови та речовин неорганічного походження. Існує багато емпіричних рівнянь стану для опису властивостей систем природних вуглеводнів. В інженерній практиці найбільш широке застосування знайшли два види: багатокоефіцієнтні (фундаментальні) та кубічні [9, 10].

Для інженерних розрахунків зручнішими є кубічні (щодо об'єму) рівняння стану, які не тільки не поступаються, але і перевершують багатокоефіцієнтні за точністю передбачення термодинамічних властивостей чистих речовин і їх сумішей. Порівняння точності моделювання властивостей вуглеводневих систем, що досягається при застосуванні різних рівнянь стану, виконано в роботі [10]. Автори [10] рекомендують як найбільш відомі і надійні кубічні рівняння стану для прогнозних розрахунків термодинамічного стану систем і фазових рівноваг рівняння Соава–Редліха–Квонга, Пенга–Робінсона, Пателя–Тейя, Харменса–Кнаппа і рівняння Брусиловського [11].

Як впливає із сказаного вище, для вирішення названих проблем необхідною є точна інформація про склад вуглеводнів та термодинамічні і фізичні умови їхнього існування, а також індивідуальні значення критичних параметрів речовин – учасників процесу. Тому уточнення критичних параметрів чистих речовин з використанням нових підходів при обробці експериментальних даних є питанням актуальним.

Очевидно, що підвищення нафтовіддачі пласта можна досягти за рахунок зміни властивостей потоку нафти та характеру його взаємодії з породами, у структурах пор яких утримуються капілярними силами краплинки нафти. Отже, ефект підвищення нафтовіддачі можна реалізовувати шляхом зміни таких властивостей, як в'язкість та міжфазний натяг і змочуваність субстрату (поверхневі явища). Важливу роль у цих процесах відіграють важкі алкани.

Дефіцит термофізичних даних про комерційно використовувані важкі алкани в області високих температур і тисків заважає розвитку технологій та проведенню необхідних досліджень у цьому діапазоні температур. Важкі алканів, наприклад, тетрадекан, використовуються в якості моделюючих компонентів моторних палив [12]. Важкі представники гомологічного ряду н-алканів використовують для виробництва синтетичних жирних кислот та в інших технологічних процесах. Широке застосування н-алканів у промисловості вимагає наявності достовірних даних про їхні термодинамічні властивості.

Список використаних джерел:

1. Zhu T. *Evaluation of Wax Deposition and Its Control During Production of Alaska North Slope Oils* / T. Zhu, J. A. Walker, and J. Liang. – Fairbanks: United States Department of Energy National Energy Technology Laboratory, 2008. – 296 p.
2. Venkatesan R. *Wax Deposition During Production Operations: SOTA* / R. Venkatesan, J.L. Creek // *Offshore Technology Conference*, 30 April-3 May, Houston, Texas, U.S.A. – 2007. – P. 1193-1197.
3. Soedarmo A. A. *Validation of Wax Deposition Models with Recent Laboratory Scale Flow Loop Experimental Data* / A. A. Soedarmo, N. Daraboina, C. Sarica // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. – 2016. – P. 2–29.
4. Волкова Г.И. *Подготовка и транспорт проблемных нефтей (научно-практические аспекты)* / Г.И. Волкова, Ю.В. Лоскутова, И.В. Прозорова, Е.М. Березина. – Томск : Издательский ДомТГУ, 2015. – 136 с.
5. Илюшин П.Ю. *Оценка эффективности метода «холодный поток» в борьбе с асфальтеносмолопарафиновыми отложениями* / П.Ю. Илюшин, А.В. Лекомцев, Т.С. Ладейщикова, Р.М. Рахимзянов // *Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело*. – 2018. – Т.18, №1. – С. 53–62.
6. Брусиловский А.И. *Фазовые превращения при разработке месторождений нефти и газа* / А.И. Брусиловский. – М.: “Грааль”, 2002. – 575 с.
7. *Thermodynamic Models for the Prediction of Petroleum-Fluid Phase Behaviour, Crude Oil Emulsions-Composition Stability and Characterization*. In book: “Crude Oil Emulsions-Composition Stability and Characterization”: [edited by Prof. Manar El-Sayed Abdul-Raouf]. – 2012. – 230 p.
8. Григорьев Б.А. *Методы моделирования фазового поведения пластовых систем* / Б.А. Григорьев, А.И. Брусиловский, И.А. Зинченко // *Вести газовой науки: Математическое моделирование пластовых систем, уравнения состояния и фазовые равновесия пластовых флюидов и их компонентов*. – 2016. – Т. 28, №4. – С. 13–20.
9. Grigorev V.A. *Modeling and calculation of thermodynamic properties and phase equilibria of oil and gas condensate fractions based on two generalized multiparameter equations of state* / A. Gerasimov, I. Alexandrov // *Fluid Phase Equilibria*. – 2016. – Vol. 418. – P. 204-223.
10. Григорьев Б.А. *Анализ точности расчета термодинамических свойств природных углеводородов и сопутствующих газов по обобщенным кубическим уравнениям состояния* / Б.А. Григорьев, А.А. Герасимов, И.С. Александров, Д.В. Люгай // *Вести газовой науки: Актуальные вопросы исследований пластовых систем месторождений углеводородов*. – 2015. – Т. 24, № 4. – С. 5–13.
11. Григорьев Б.А. *Фундаментальные уравнения состояния н-додекана и н-тридекана* / Б.А. Григорьев, А.А. Герасимов, И.С. Александров // *Труды РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина*. – 2012. – Т. 267, № 2. – С. 101-119.
12. Александров И. С. *Термодинамические свойства технически важных органических рабочих веществ. Нормальный тетрадекан (C₁₄H₃₀)* / И. С. Александров, А. А. Герасимов // *Научный журнал «Известия КГТУ»*. – 2018. – № 50. – С.153 – 163.