

## ЧИСЛЕННОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ИЗЪЯТИИ КЕРНА

А.С. Романов,

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Ю.П. Стефанов

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск

Успешное моделирование деформационных процессов, протекающих в геосредах, возможно лишь при наличии свойств, которыми среда характеризуется на рассматриваемой глубине. Основным источником данных о механических свойствах горных пород, является исследование керна. Отобранные образцы породы от момента их залегания на глубине до момента проведения над ними лабораторных исследований подвержены различным воздействиям, которые могут повлиять на свойства рассматриваемого материала. В свою очередь, это приводит к расхождению свойств полученного керна со свойствами породы в естественных условиях. Отсюда вытекает необходимость исследования процессов протекающих в результате взятия и подъема керна.

В общем случае, процедуру взятия керна можно разделить на два основных этапа. На первом этапе происходит выбуривание и отрыв цилиндрического элемента горного массива. Сама процедура выбуривания керна может привести к изменениям механических характеристик полученного образца. Например, формирование неупругих деформаций в результате бурения может привести к уменьшению прочностных характеристик породы. Второй этап включает в себя поднятие керна на поверхность, в ходе чего меняется его напряженное состояние, поровое давление и температура. Перечисленные факторы в разной степени могут повлиять на свойства извлеченного керна. Несмотря на существующие изолирующие технологии отбора керна [1], остается актуальным вопрос влияния вышеперечисленных факторов на свойства полученного образца горной породы.

В данной работе на основе численного моделирования рассматриваются особенности деформационных процессов, протекающих в керне, при его отборе из естественных условий залегания с последующим подъемом на поверхность. Получены картины НДС керна при его выбуривании и подъеме. Исследовано влияние фильтрации рабочей жидкости в керн на его напряженное состояние и развитие неупругих деформаций. Показаны возможные сценарии разрушения керна при его выборе.

Моделирование деформационного поведения горной породы осуществлялось путем численного решения системы уравнений механики сплошных сред. Замыкают систему уравнений определяющие соотношения, которые описывают упруго-хрупкопластическую модель среды (модифицированная модель Друкера-Прагера-Николаевского [2,3]). Задача решалась в двумерной постановке для условий плоской деформации. Для решения уравнений использовался явный конечно-разностный метод [4,5].

### Литература

1. Хайруллин Б.Ю. Инновационные технологии бурения с отбором и анализом керна повышенной информативности // Недропользование XXI Век. – М.: Национальная ассоциация по экспертизе недр. – 2015. – Вып. 51. – С 20-25.
2. Друкер Д., Прагер В. Механика грунтов и пластический анализ или предельное проектирование // Механика. Новое в зарубежной науке. Вып. 2. Определяющие законы механики грунтов. – М.: Мир, 1975. – С. 166-177.
3. Николаевский В.Н. Механические свойства грунтов и теория пластичности // Механика твердых деформируемых тел. Том 6. Итоги науки и техники. – М.:ВИНИТИ АН СССР, 1972. – С. 5-85.
4. Уилкинс М.Л. Расчет упругопластических течений // Вычислительные методы в гидродинамике. – М.: Мир, 1967. – С. 212-263.
5. Стефанов Ю.П. О динамическом подходе численного исследования развития деформаций в геологической среде // Материалы третьей молодежной тектонофизической школы-семинара. 2013. С. 175-189.

## МЕТОД ДИНАМИЧЕСКОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА В ИССЛЕДОВАНИИ ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРГИРУЮЩЕЙ ПРИСАДКИ НА МЕХАНИЗМ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПАРАФИНОВ

А.В. Сидоренко, А.С. Чемякин, Л.В. Чеканцева

Научный руководитель зав. лабораторией Л.В. Чеканцева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В процессе разработки залежи парафины, содержащиеся в нефти в растворенном состоянии, могут выделяться в виде твердой фазы, при изменении термобарических условий в пласте. Изменение фазового состояния пластовой нефти отрицательно влияет на фильтрацию нефти в пласте и призабойной зоне. При движении нефти по трубам в скважине выделяющаяся твердая фаза осаждается на стенках труб и насосного оборудования. Основным параметром, характеризующим фазовое состояние пластовой нефти (жидкость-твердая фаза), является температура насыщения нефти парафином [1]. Регулирование фазовых переходов возможно с использованием присадок, обладающих диспергирующе-ингибиторными свойствами. Согласно поверхностному механизму действия, молекулы присадки встраиваются в растущие кристаллы парафинов со стадии зародышеобразования и ограничивают рост их структуры. Выбор присадки для каждого конкретного случая индивидуален, так как ее действие может иметь обратный эффект [2].

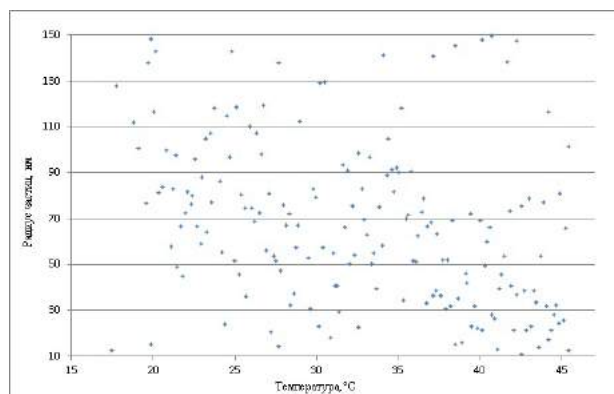
В данной работе исследовалось влияние диспергирующей присадки С-5А на фазовое поведение модельной системы в процессе охлаждения. Для решения этой проблемы использовался метод спектроскопии оптического

смешения [3] – the dynamic light scattering (DLS), основанном на счёте фотонов рассеянного лазерного излучения. Согласно теории, измерение корреляционной функции флуктуации интенсивности рассеянного света позволяет определить характерное время корреляции и затем из коэффициента диффузии вычислить радиус частиц. На методе DLS основан принцип действия прибора «Photocor Complex» [4]. Алгоритм работы фотонного корреляционного спектрометра рассмотрен в [5].

Суть эксперимента заключалась в определении радиусов частиц твердой фазы, образующихся при охлаждении системы в изобарическом процессе. В модельную систему парафины–гептан (4% масс., 6% масс., 10% масс.) была добавлена присадка С-5А с разными концентрациями (0,03% масс., 0,06 % масс. и 0,08% масс.).

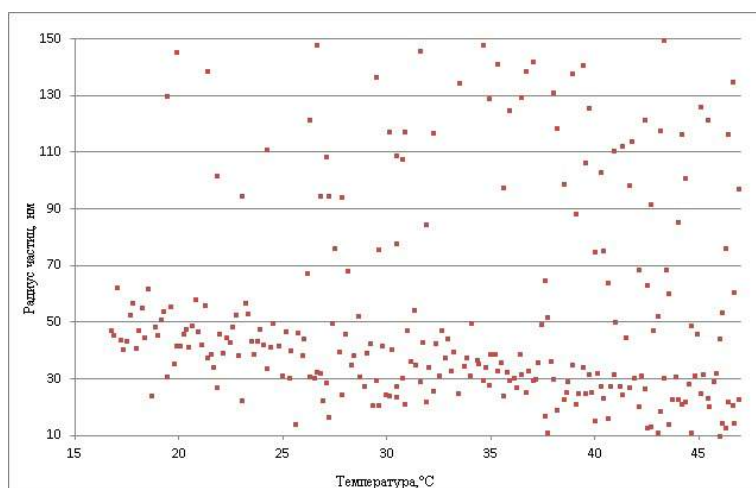
Исследователи [1] указывают, что температура насыщения парафинов увеличивается с ростом массовой концентрации парафинов в нефти. Этот факт был подтвержден в работе [6], также было определено, что увеличение присадки приводит к росту интенсивности для всех концентраций парафина.

Появление твердых частиц в исходной системе без добавления присадки при концентрации парафина 4% масс. стало происходить при 7,9°C. Для концентрации парафина в растворителе 6% масс. образование твердой фазы было зафиксировано при 9,3°C. На рисунке 1 представлены результаты образования твердых частиц в системе с концентрацией парафина 10% масс. при температуре 45,3°C. Диапазон размеров радиусов частиц варьируется от 10 до 150 нм.

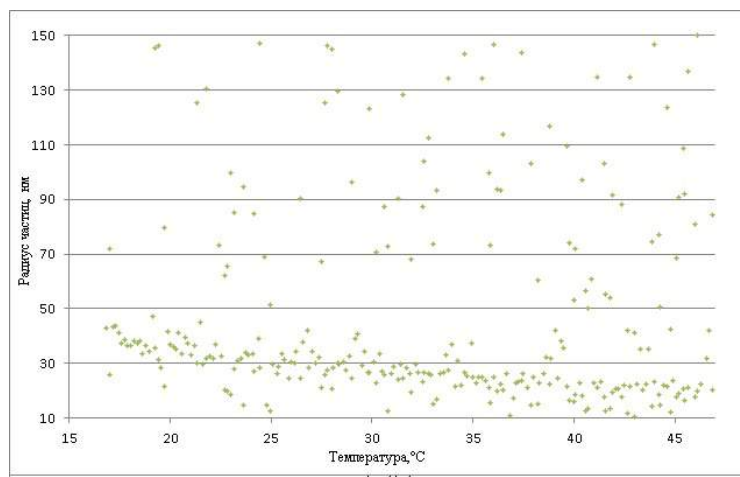


**Рис.1. Зависимость радиуса частиц с концентрацией парафина в гептане 10% масс. без добавления присадки**

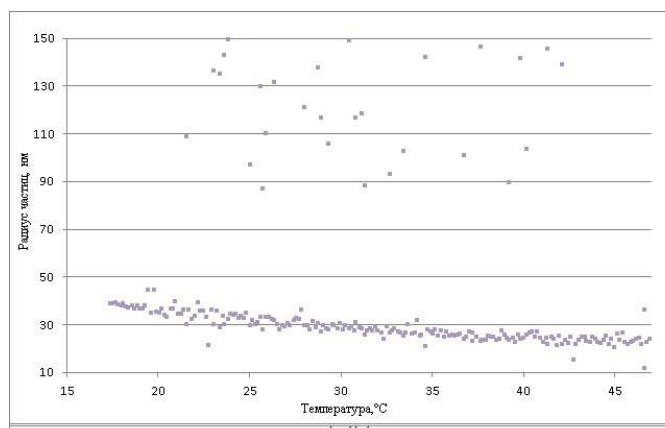
Рассмотрим действие присадки на примере образца с концентрацией 10% масс. парафина в гептане. При добавлении к исходной системе 0,03% масс. присадки наблюдается перераспределение размеров частиц в системе с образованием большого количества частиц с радиусами от 10 до 65 нм (рисунок 2). При увеличении концентрации присадки до 0,06% масс. (рисунок 3) диапазон области частиц с небольшими размерами уменьшается с 10 до 45 нм. При добавлении присадки 0,08% масс. к системе (рисунок 4), наблюдается стабилизация размеров частиц в том же диапазоне со значительным уменьшением количества крупных частиц.



**Рис.2. Зависимость радиуса частиц с концентрацией парафина в гептане 10% масс. при добавлении 0,03% масс присадки**



**Рис.3. Зависимость радиуса частиц с концентрацией парафина в гептане 10% масс. при добавлении 0,06% масс присадки**



**Рис.4. Зависимость радиуса частиц с концентрацией парафина в гептане 10% масс. при добавлении 0,08% масс присадки**

Таким образом, можно сделать следующие выводы

1. Для исследуемой модельной системы подтвердилось утверждение о том, что увеличение концентрации парафинов в системе приводит к образованию частиц твердой фазы при более высоких температурах.
2. Действие присадки С-5А ограничивает рост размеров частиц, наибольший эффект достигается при добавлении к модельной системе 0,08% масс. присадки.
3. Данный метод исследования позволяет наблюдать механизм образования частиц и получать представление о структуре меняющейся системы.

#### Литература

1. Экспериментальные методы исследования парафинистых нефтей / Под ред. К.Д. Ашмяна. – «ВНИИнефть», 2004. – 108 с.
2. Маркин А.Н., Низамов Р.Э., Суховерхов С.В. Нефтепромысловая химия: Практическое руководство. – Владивосток: Дальнаука, 2011. – 288 с.
3. Спектроскопия оптического смешения и корреляция фотонов. Пер. с англ. / Под ред. Г. Камминса и Э. Пайка. М.: Мир, 1978. – 574 с.  
PhotoCor [сайт производителя], URL: <http://www.photocor.ru/>.
4. Mal'tseva, E.V. Influence of aggregation of asphaltenes on the rheological properties of oil [Текст] / E.V. Mal'tseva, A.M. Gorshkov, L.V. Chekantseva, L.V. Shishmina, N.V. Yudina // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2013. – V. 86. – P. 1370–1375.
5. Gorshkov A.M., Pham T., Shishmina L.V., Chekantseva L.V. The influence of dispersing additive on the paraffin crystallization in model systems (Article number 012044) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2015 - V. 27. - P. 1-7