

И.Н. ЕВДОКИМОВ, А.П. ЛОСЕВ

ВОЗМОЖНОСТИ
ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ИССЛЕДОВАНИЙ
В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ
РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Москва
2007

И.Н. ЕВДОКИМОВ, А.П. ЛОСЕВ

**ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ В
СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ РАЗРАБОТКИ
НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**



Издательство
«НЕФТЬ И ГАЗ»
РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина

Москва · 2007

Igor N. EVDOKIMOV
and Alexander P. LOSEV

**POTENTIAL of OPTICAL RESEARCH
METHODS for MONITORING
of OIL FIELD DEVELOPMENT**

 Издательство
«НЕФТЬ И ГАЗ»
РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина

Moscow · 2007

УДК 622.276
E15

Евдокимов И.Н., Лосев А.П.

E15 Возможности оптических методов исследований в системах контроля разработки нефтяных месторождений: Монография. – М.: Изд-во «НЕФТЬ и ГАЗ», 2007. – 228 с.

ISBN 5-7246-0402-7

Актуальность темы монографии обусловлена, в частности, развитием инновационных проектов «интеллектуального месторождения», предусматривающих использование единых электронных комплексов моделирования и мониторинга разработки месторождений нефти и газа. Надежность работы подобных комплексов и адекватность виртуальных моделей месторождений возможны лишь при обеспечении наибольшей полноты первичной информации. Эта задача не может быть решена за счет простого увеличения плотности расположения датчиков и требует дальнейшего совершенствования используемых методов анализа. В предлагаемой монографии на основе результатов оригинальных исследований авторов и обширных библиографических данных рассмотрены некоторые аспекты применения оптических методов для контроля разработки нефтяных месторождений. Основное внимание уделено рассмотрению возможностей абсорбционной спектроскопии в видимом и ближнем УФ диапазонах и рефрактометрии нефтяных флюидов. Отдельная глава книги посвящена обсуждению некоторых устойчивых «мифов» о закономерностях оптических спектров поглощения нефтей и нефтепродуктов, на основе которых продолжают разрабатываться, патентоваться и внедряться ошибочные (или мало надежные) методики промышленных и лабораторных исследований.

Книга рассчитана на научных и инженерно-технических работников предприятий нефтегазовой промышленности, а также на преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов нефтегазовых вузов.

УДК 622.276

ISBN 5-7246-0402-7

© Евдокимов И.Н., Лосев А.П., 2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

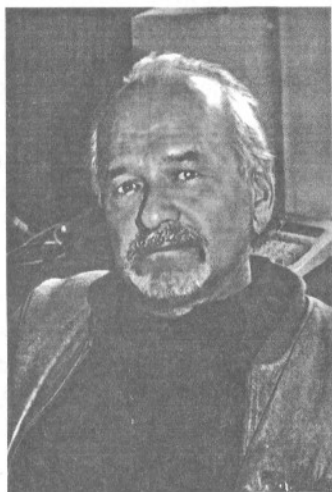
Глава 1	ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПЕРСПЕКТИВНЫХ СИСТЕМАХ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ»	10
Глава 2	ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	19
2.1	Оптическое излучение	19
2.2	Распространенные типы оптических методов анализа	20
2.3	Практические методы рефрактометрии	24
2.4	Особенности поляриметрических	26
2.5	Спектрофотометрические методы анализа	27
2.5.1	<i>Визуальная колориметрия</i>	27
2.5.2	<i>Спектрофотометрия</i>	31
2.5.2.1	<i>Основные закономерности поглощения света веществом</i>	31
2.5.2.2	<i>Отклонения от основного закона поглощения света</i>	35
2.5.2.3	<i>Оптимальный диапазон измеряемых оптических плотностей</i>	37
Глава 3	ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ	39
3.1	Об истории использования оптических методов анализа в нефтегазовом производстве	39
3.1.1	<i>Методы рефрактометрии</i>	39
3.1.2	<i>Поляриметрические методы</i>	41
3.1.3	<i>Методы визуальной колориметрии</i>	43
3.1.4	<i>Традиционные спектрофотометрические методы</i>	46
3.1.5	<i>Методы ИК-спектроскопии</i>	49
3.2	Спектрофотометрические исследования на месторождениях Республики Татарстан	53
3.3	Изменения коэффициента экстинкции нефти в процессе разработки Манчаровского месторождения Республики Башкортостан	57

3.4	Спектрофотометрические исследования на Месторождениях Оренбургской области и Пермского края	61
3.5	Использование спектрофотометрии для оценки интерференции эксплуатационных и нагнетательных скважин на Арланском месторождении Республики Башкортостан	62
3.6	Использование закономерностей изменения коэффициента экстинкции для определения притоков нефти из отдельных пачек на Манчаровском месторождении Республики Башкортостан	64
3.7	Современное состояние прикладных исследований	71
Глава 4	НЕКОТОРЫЕ РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ОШИБКИ В ПРЕДСТАВЛЕНИЯХ ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ОПТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ НЕФТЯНЫХ ФЛЮИДОВ В УФ- И ВИДИМОМ ДИАПАЗОНАХ	74
4.1	Миф о существовании характерного интенсивного максимума в ближней УФ области спектров поглощения нефтей, нефтепродуктов и растворов высокомолекулярных компонентов (асфальтенов)	75
4.2	Причины возникновения мифа о «характерном УФ максимуме» в спектрах поглощения	81
4.3	Миф об идентичности спектров поглощения данной нефти в растворах различных концентраций	94
4.4	«Мифы об оптических свойствах нефтей» в апробированных научно-исследовательских разработках, рассчитанных на прямое внедрение в практику разработки и эксплуатации нефтегазовых месторождений	97
Глава 5	МОЛЕКУЛЯРНАЯ ПРИРОДА ОСОБЕННОСТЕЙ ОПТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ НЕФТЕЙ	108
5.1	Модели молекулярного строения асфальтенов	108
5.1.1	Модели «континентального» типа	113
5.1.2	Модели типа «архипелаг»	115

5.2 Теоретические модели формирования непрерывных спектров электронного поглощения нефтей и растворов асфальтенов	119
5.2.1 Традиционная модель «аморфного полупроводника» для описания непрерывных спектров оптического поглощения	120
5.2.2 Некритичная модификация традиционной модели «аморфного полупроводника» (АП) для описания непрерывных спектров оптического поглощения нефтей и асфальтенов	123
5.3 Непрерывные (сплошные) спектры УФ-видимого поглощения в других природных молекулярных системах	127
5.3.1 Молекулы семейства графена	127
5.3.2 Гуминовые вещества (гумус)	128
5.3.3 Меланины	132
Глава 6 ВОЗМОЖНОСТИ СПЕКТРОСКОПИИ ЭЛЕКТРОННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ КАК МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРИРОДНЫХ НЕФТЕЙ И КОНТРОЛЯ ИЗМЕНЕНИЙ ИХ СОСТАВА	137
6.1 Возможности и применимость различных типов экспериментального оборудования	138
6.1.1 Оборудование с низким спектральным разрешением	138
6.1.2 Оборудование с высоким спектральным разрешением	141
6.2 Параметрические описания непрерывных спектров электронного поглощения нефтей	143
6.3 Выявление характерной структуры пиков (полос) в «гладких» спектрах УФ-видимого поглощения нефтей	149
Глава 7 ИСКАЖЕНИЯ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ РАСТВОРОВ НЕФТЕЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИЗМЕНЕНИЙ ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ НАНОКОЛЛОИДОВ АСФАЛЬТЕНОВ	155
7.1 Методика приготовления разбавленных образцов (растворов)	155

7.2 Влияние концентрации нефти (асфальтенов) в растворах на форму непрерывных спектров электронного поглощения и на величину классификационных параметров	158
7.2.1 Экспериментальные результаты (Evdokimov&Losev, 2007a, 2007b)	158
7.2.2 Возможные молекулярные механизмы экспериментально наблюдаемых эффектов	163
7.3 Использование спектроскопии электронного поглощения нефтей и асфальтенов для детального изучения последовательности стадий агрегирования надмолекулярных структур	166
7.3.1 Экспериментальные результаты (Evdokimov et al., 2003a, 2003b)	166
7.3.2 Об истории представлений о «критических концентрациях агрегирования асфальтенов» и о приоритете обнаружения «первичной стадии агрегирования»	173
Глава 8 АНОМАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ РАСТВОРОВ НЕФТЕЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИЗМЕНЕНИЙ ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ НАНОКОЛЛОИДОВ АСФАЛЬТЕНОВ	176
8.1 Некоторые проблемы традиционных методов рефрактометрии многокомпонентных нефтяных систем	176
8.2 Экспериментальные результаты рефрактометрических исследований растворов нефти в широком диапазоне концентраций	178
8.2.1 «Обычное» поведение показателя преломления концентрированных растворов. Расчет показателя преломления природной нефти	178
8.2.2 «Аномальное» поведение показателя преломления разбавленных растворов	180
8.2.3 Очевидная корреляция коэффициента поглощения и «парциального показателя преломления нефти» в растворах	183
8.2.4 Температурные «аномалии» показателей преломления нефтей	185

Глава 9	ФАЗОВАЯ ДИАГРАММА НАНОКОЛЛОИДОВ АСФАЛЬТЕНОВ В НЕФТЯХ, НЕФТЕПРОДУКТАХ И В ИХ РАСТВОРАХ	188
9.1	<i>T-S</i> фазовая диаграмма асфальтенов по результатам лабораторных исследований	190
9.1.1	<i>Накопление данных для построения фазовой диаграммы асфальтенов в нефтяных средах</i>	190
9.1.2	<i>Текущий вариант фазовой диаграммы асфальтенов</i>	192
9.1.2.1	<i>Фазовые границы, определяемые «особыми концентрациями»</i>	192
9.1.2.2	<i>Фазовые границы, определенные по «особым температурам»</i>	194
9.2	Очевидное влияние фазового состояния нанокolloидов асфальтенов на важные эксплуатационные свойства природных нефтей	196
	ЛИТЕРАТУРА	200



ЕВДОКИМОВ
Игорь Николаевич

доктор физико-математических наук, профессор Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина



ЛОСЕВ
Александр Павлович

магистр техники и технологии (Нефтегазовое дело), аспирант Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина
