

Рис. 4. Влияние динамической вязкости нефти (сП) на положение ВНК от отношения плотностей нефти и воды

Согласно [3], вязкость сильно влияет на динамику сегрегации и мало влияет на статическое распределение флюидов. Расчеты показывают (см. рис. 4), что кривые  $\tilde{h}$  ( $\tilde{\rho}$ ) для различных коэффициентов динамической вязкости нефти и при зафиксированном значении коэффициента динамической вязкости воды (1 сП) располагаются одна над другой с уменьшением вязкости нефти, т. е. контакт смещается в сторону подошвы от начального положения более существенно для менее вязких нефтей. Такое расположение связано с тенденцией вязкостных сил сохранять начальное распределение. Таким образом, при данной формулировке начального распределения вязкостные силы действуют в направлении, противоположном действию капиллярных сил, и по направлению гравитационных сил.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Взаимодействие залежей газа и нефти с пластовыми водами/ А. И. Гутников, А. Жолдасов, С. Н. Закиров и др. М.: Недра, 1991. 189 с.
2. Иванов В. А., Храмова В. Г., Дияров Д. О. Структура порового пространства коллекторов нефти и газа. М.: Недра, 1974.
3. Кузнецов О. Л., Симкин Э. М. Преобразование и взаимодействие геофизических полей в литосфере. М.: Недра, 1990. 269 с.
4. Швидлер М. И., Леви Б. И. Одномерная фильтрация несмешивающихся жидкостей. М.: Недра, 1970. 156 с.

*Александр Николаевич ВОЛОДИН –  
студент физического факультета,  
Владимир Петрович ДУБОВ –  
доцент кафедры радиофизики  
физического факультета,  
кандидат физико-математических наук*

УДК 502.7; 577.4; 54; 57, 61

## **ВОЗМОЖНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ С ПОМОЩЬЮ ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ЛИДАРА**

**АННОТАЦИЯ.** Рассматривается возможность использования поляризационного АИГ-лидара для обнаружения и идентификации углеводородов. Приводятся экспериментальные данные лабораторных дистанционных измерений поляризационных характеристик некоторых углеводородов и наиболее распространенных типов подстилающих поверхностей.

*The possibility to use the polarised YAG-lidar for the hydrocarbons detection and identification is being discussed. The experimental data of the laboratory remote measurements of some hydrocarbon polarized properties and most widespread types of underlying surfaces are suggested.*

Ухудшающаяся экологическая обстановка в нашей стране выдвигает проблемы мониторинга загрязнений окружающей среды на ведущее место при разработке любых проектов и технологий. Нефтегазодобывающая индустрия является гигантским потенциальным источником загрязнения жизненно важного для человеческого обитания пространства, поскольку, благодаря своей специфике, охватывает большие территории, включая и населенные пункты, и, кроме того, оперирует с химическими веществами, обладающими достаточно большой токсичностью.

Все сказанное тем более актуально для Тюменской области, так как она является крупнейшим в России поставщиком нефти и природного газа, значительная часть ее покрыта разветвленной сетью трубопроводов для транспортировки нефтепродуктов. Ситуация осложняется еще и тем фактом, что часть этих трубопроводов пролегает в местах, практически недоступных для любого транспорта, за исключением воздушного. Это обстоятельство, а также большая протяженность трубопроводных трасс объясняют необходимость развития и применения дистанционных методов контроля экологической обстановки с помощью приборов, установленных на летательных аппаратах.

Дистанционные способы зондирования предполагают, главным образом, использование оптических методов пассивного и активного характера. В настоящей работе пойдет речь о применении активного дистанционного метода зондирования подстилающих поверхностей, когда в измерительный приборный комплекс включен лазерный излучатель. Лазерное дистанционное зондирование атмосферы, земной и водной поверхности применяется практически со времени открытия лазеров и является достаточно эффективным средством исследования.

При дистанционном исследовании свойств подстилающих поверхностей чаще всего используют флуоресцентный анализ, когда на изучаемый объект направляется лазерное излучение, а приемная система регистрирует и обрабатывает флуоресцентный сигнал [1]. Этот метод достаточно информативен, но обладает рядом недостатков. Вследствие того, что сигнал флуоресценции часто имеет небольшую интенсивность, для его приема требуется регистрирующая аппаратура высокой чувствительности, что влечет за собой увеличение массы и габаритов используемых приборов. В некоторых случаях сигнал флуоресценции может быть увеличен за счет повышения мощности излучения, посылаемого на трассу. Но этот путь связан с увеличением мощности блоков питания лазеров, что представляет собой отдельную и достаточно сложную проблему, поскольку такие блоки должны обеспечиваться питанием от бортовой электрической сети. С учетом сказанного использование для получения необходимой информации отраженного оптического сигнала на длине волны зондирующего излучения представляется более перспективным для создания малогабаритных бортовых комплексов для дистанционного мониторинга.

В настоящей работе была предпринята попытка дистанционного изучения оптических свойств жидких углеводородов и их идентификации с помощью лазерного лидара. В состав лидара входил импульсный лазерный излучатель на алюмо-иттриевом гранате с удвоителем частоты типа ИЛТИ-405Б, работавший на длине волны 532 нм с длительностью импульса около 10 нс и энергией в



импульсе 30 мДж. Частота повторения импульсов составляла 12,5 Гц. Излучение лазера практически полностью имело линейную поляризацию в вертикальной плоскости. Приемная оптическая система представляла собой линзовый телескоп с входным отверстием 150 мм и призму Волластона, с помощью которой принимаемое излучение делилось на два луча с взаимно ортогональной поляризацией. В конструкции лидара была предусмотрена возможность поворота призмы Волластона на 360 градусов вокруг оптической оси приемной системы. Это позволяло определять состояние поляризации принимаемого излучения по различным направлениям. Регистрация и предварительная обработка оптических сигналов осуществлялись с помощью фотоэлектронных умножителей типа ФЭУ-84-3 и двухлучевого осциллографа.

Физической основой проведенных экспериментов является тот факт, что рассеянное мишенью излучение имеет состояние поляризации, отличное от состояния поляризации исходного излучения. Как уже говорилось, отраженное излучение регистрировалось в виде двух оптических компонент с взаимно ортогональной поляризацией. Это позволяло определить состояние поляризации рассеянного излучения для каждого исследуемого объекта и степень его деполяризации. В ходе экспериментов было установлено: состояния поляризации для различных подстилающих поверхностей заметно отличаются друг от друга, что позволяет тем самым проводить их идентификацию.

В настоящей работе исследовались поляризационные характеристики сырых и осушенных нефтей различных месторождений Тюменской области, бензина АИ92, машинного масла, воды, земли, песка и травы — всего около 15 образцов. Расстояние от лидара до образца составляло около 12 м. Для каждого образца регистрировалась амплитуда сигналов от двух оптических компонент при изменении углового положения призмы Волластона с шагом 5 градусов и строились графики, подобные изображенному на рис. 1, где по вертикальной оси откладывались величины интенсивности излучения в различных оптических каналах в произвольных единицах, а по горизонтальной оси — значения угла поворота призмы.

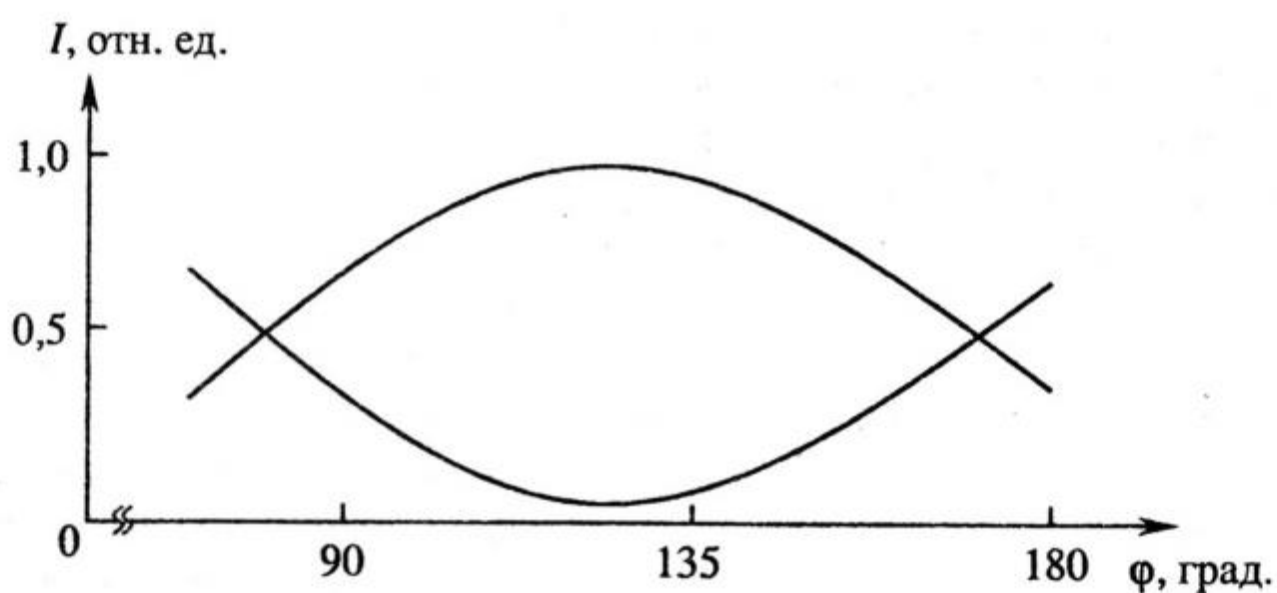


Рис. 1

Минимум интенсивности одной из компонент, показанный на рисунке, соответствует величине деполяризованного излучения  $I_d$ , и эта величина меняется от образца к образцу. Угол  $\varphi_m$ , при котором достигается максимум одной из компонент, соответствует плоскости преимущественной поляризации. Отношение минимума одной компоненты к максимуму другой  $I_d/I$  определяет степень деполяризации принимаемого излучения  $r$ . Обработка экспериментальных данных показала,

что для каждого исследуемого вещества максимумы интенсивности и точки пересечения графиков соответствуют различным углам. Например, рис. 1 получен для нефти 3 (сырой), и углы, относящиеся к точкам пересечения и максимуму, равны соответственно 77, 122 и 167 градусам. Это различие обусловлено тем, что при рассеянии происходит угловое смещение плоскости преимущественной поляризации. Это смещение различно для разных образцов, что хорошо видно при сопоставлении данных, приведенных в таблице 1.

Таблица 1

## Поляризационные параметры для различных подстилающих поверхностей

Образец	$\varphi_m$	$M$	$r$
Нефть 1 (сырая)	120	0,33	0,01
Нефть 1 (осушенная)	125	0,22	0,01
Нефть 2 (сырая)	119	0,36	0,01
Нефть 2 (осушенная)	125	0,22	0,01
Нефть 3 (сырая)	122	0,29	0,01
Нефть 3 (осушенная)	127	0,18	0,01
Бензин АИ92	101	0,75	0,01
Масло машинное	131	0,09	0,04
Вода	90	1,0	0,01
Земля	92	0,96	0,5
Земля, политая нефтью 10:1	95	0,88	0,25
Земля, политая нефтью 5:1	110	0,56	0,1
Песок	91	0,97	0,35
Песок, политый нефтью 5:1	115	0,45	0,06
Трава	90	1,0	0,25
Трава, политая нефтью	115	0,45	0,05
Пенопласт	110	0,56	0,66

Параметр  $M$  зависит от направления плоскости преимущественной поляризации и коэффициента рассеяния для конкретного образца. Значения  $M$  и  $r$  нормированы на полную интенсивность анализируемого излучения. Из таблицы видно, что нефти и подстилающие поверхности, политые нефтью, характеризуются большим изменением плоскости преимущественной поляризации относительно исходного излучения, посылаемого на трассу, и малой величиной деполяризации. Данные для пенопласта представлены в качестве примера вещества, имеющего тот же параметр  $M$ , что и нефти, но резко отличающегося степенью деполяризации. Это дает принципиальную возможность после более детальных полевых испытаний создать малогабаритный приборный комплекс, способный дистанционно идентифицировать подстилающие поверхности и оценивать загрязнение этих поверхностей жидкими углеводородами.

На кафедре радиофизики уже имеется опыт создания подобных комплексов [2]. В их состав, помимо перечисленных приборов, входит аналого-цифровой преобразователь и компьютер, которые позволяют автоматизировать процесс дистанционного зондирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование. М.: Мир, 1987. 232 с.
2. Дубов В. П., Салюков В. В., Табарин В. А. Дистанционный лазерный флуориметр для обнаружения жидких углеводородов. Тюмень, 1995. 17 с.