

УДК 553.98.048+681.2 (ББК 26.2)

Р.Н. Бурханов, к.г.-м.н., доцент, зав. кафедрой геологии, проректор по научной работе, Альметьевский государственный нефтяной институт (Альметьевск, Республика Татарстан, Россия), e-mail: burkhanov_rn@mail.ru

Перспективы создания и применения устройства для исследования показателей преломления и дисперсии нефти на устье скважины

Указывается, что оптические свойства нефти – коэффициент светопоглощения и оптическая плотность, показатели преломления и дисперсии – нашли применение для решения различных задач разведки и геолого-промышленного контроля разработки нефтяных месторождений. Технологии таких исследований предполагают отбор проб нефти на устье скважин, продолжительные и громоздкие лабораторные и аналитические исследования. Результаты подобных исследований становятся известны со значительной задержкой по времени, с отставанием от текущего процесса разработки, кроме того, могут быть искажены вследствие отклонения физико-химических характеристик проб от природных при их транспортировке и хранении. Объем утерянной или ошибочно интерпретированной информации может увеличиться в процессе длительных исследований, поскольку свойства углеводородных смесей в пласте постоянно меняются, а измеренные свойства проб не будут характеризовать текущие пластовые условия. Поэтому и предложены автоматизированные устройства различного типа для исследования оптических характеристик нефти непосредственно на скважине в режиме реального времени. Представлена принципиальная схема устройства для измерения показателей преломления и дисперсии нефти на устье добывающей скважины. Устройство включает корпус и следующие основные блоки (или съемные модули): приемный, питания, измерительный, фотоэлектрический, преобразования, хранения и передачи данных, выкидной. Монтируется устройство непосредственно на устьевой арматуре к отводу для отбора проб. Предлагаемое устройство характеризуется рядом преимуществ, может использоваться для измерения показателей преломления и средней дисперсии сырой нефти, а также в качестве расходомера, пробоотборника или обычного сборника или в различных сочетаниях, в зависимости от решаемых задач программное обеспечение устройства может включать несколько уровней программных продуктов.

Ключевые слова: оптические исследования нефти, коэффициент светопоглощения нефти, оптическая плотность нефти, показатели преломления и дисперсии, мобильное устройство.

Свойства нефти в оптическом диапазоне электромагнитного излучения, включающем видимую, ближние инфракрасную и ультрафиолетовую части спектра, называют оптическими свойствами. В нефтепромышленной практике нашли применение коэффициент светопоглощения ($K_{\text{сп}}$) и оптическая плотность (D), измерения которых основаны на явлениях поглощения и рассеяния светового потока [1, 2]. В меньшей степени применяются показатели преломления (n) и диспер-

сии ($n_F - n_C$), измерения которых основаны на явлениях изменения направления распространения света на границе двух сред [3]. Технология исследований включает отбор проб нефти на устье скважин, которые затем направляются в лабораторию на продолжительные и громоздкие лабораторные и аналитические исследования. В лаборатории пробы обезвоживают, создают растворы нефти в органическом растворителе заданной концентрации и исследуют с

помощью фотоколориметров различных конструкций, различающихся по диапазону используемого электромагнитного излучения, например 400–900 (прибор КФК-3) или 320–1020 нм (прибор Unico) [4]. Статистическая обработка лабораторных данных может заключаться в построении спектральных кривых, представляющих собой зависимости коэффициента светопоглощения или оптической плотности от длины волны светового излучения. Для исследования

Ссылка для цитирования (for references):

Бурханов Р.Н. Перспективы создания и применения устройства для исследования показателей преломления и дисперсии нефти на устье скважины // Территория «НЕФТЕГАЗ». – 2015. – No 2. – С. 78–84.

Burkhanov R.N. Perspektivy sozdaniya i primeneniya ustrojstva dlja issledovaniya pokazatelej prelomlenija i dispersii nefiti na ust'e skvazhiny [Prospects for creation and application of devices for oil refraction and dispersion at the well head survey]. *Territoriya «NEFTEGAZ» – Oil and Gas Territory*, 2015, No 2. P. 78–84.

показателей преломления и дисперсии используются рефрактометры различных конструкций. Исследуют растворы нефти в растворителях, затем строят кривые преломления (дисперсии), представляющие собой зависимости этих параметров от концентрации нефти в растворе. Показатели преломления определяют для желтой линии натрия, а среднюю дисперсию – как разность показателей преломления для синей n_F (488,1 нм) и красной n_C (656,3 нм) линий спектра. На заключительной стадии исследований осуществляют корреляцию лабораторных и геолого-промысловых данных, характер которой определяется поставленными целями.

Оптические исследования используются для решения различных задач разведки и разработки месторождений [5]. Например, $K_{сн}$ применяют для оценки скорости перемещения водонефтяных контактов, оценки гидродинамической связанности коллекторов [6], подсчета остаточных запасов нефти [7–10], качественной оценки применения сшитых полимерных систем [10, 11] и других видов воздействия на нефтяные пласты [12], а n – плотности, структурно-группового состава или фазовых превращений природных углеводородных смесей [13]. Однако результаты подобных исследований становятся известны со значительной задержкой по времени, с отставанием от текущего процесса разработки и могут быть искажены вследствие изменения физико-химических характеристик проб при их транспортировке и хранении. Объем утерянной или ошибочно интерпретированной информации может увеличиться в процессе длительных исследований, поскольку свойства углеводородных смесей в пласте постоянно меняются, а измеренные свойства проб не будут характеризовать текущие пластовые условия. Поэтому и предложены устройства для исследования оптических характеристик нефти непосредственно на скважине в режиме реального времени. Такие устройства могут различаться по комплексу измеряемых характеристик [14] и существенно различаться по назначению в зависимости от целей применения. Могут изготавливаться для скважинных или устьевых условий [15, 16], устанавливаться

стационарно на устьевой аппаратуре или использоваться в качестве мобильных устройств, устанавливаемых на устье скважины только на требуемый период исследований [17, 18]. Они также могут различаться по способам хранения и передачи оптических данных (одни могут накапливать информацию в съемном запоминающем устройстве, другие – передавать ее в режиме реального времени методами проводной или беспроводной связи), способу питания энергией и другим характеристикам. Предлагается принципиальная схема устройства для автоматизированного исследования показателей преломления и дисперсии на устье скважины в автоматизированном режиме [19]. Устройство включает корпус и следующие основные блоки (или съемные модули): приемный, питания, измерительный, фотоэлектрический, преобразования, хранения и передачи данных, выкидной. **Корпус** может быть изготовлен из теплоизоляционного материала или иметь теплоизоляционный кожух для снижения теплообмена между внутренним пространством устройства и внешней средой с целью уменьшения влияния неблагоприятных внешних температур на результаты измерений. При модульном исполнении каждый из блоков устройства представляет собой съемный модуль, заключенный в собственный корпус. В зависимости от назначения комплектуется только требуемыми модулями, соединяемыми в единое устройство простыми резьбовыми соединениями. Комплектация самих модулей также определяется решаемыми задачами и назначением устройства. **Приемный блок** (2, рис.) служит для приема и подготовки скважинной жидкости к измерениям, а также отбора контрольных проб. Включает переходное устройство (муфту) для присоединения к отводу отбора проб нефти на выкидной линии скважины, клапанно-редукторный механизм автоматического регулирования давления и расхода жидкости, подаваемой в устройство. Включает также поглотители газа и воды и водяную и газовую камеры. Клапанные узлы и служат для регулирования давления поступления жидкости и газа в камеры, краны – для отбора контрольных проб. **Блок питания** может комплектоваться

съемным источником питания и (или) иметь разъем для подсоединения к внешнему источнику питания. Служит для генерации и подачи электрического тока в источник светового излучения, блок преобразования, хранения и передачи данных, электрическую цепь, обеспечивающих синхронную работу клапанов и других узлов. **Измерительный блок** (4, рис.) служит для непосредственного измерения показателей преломления и дисперсии добываемых жидкостей и дебита по нефти и воде и обводненности продукции скважины. Включает источник светового излучения, монохроматор, прободержатель, съемные измерительные призмы, фоточувствительные стекла с известной площадью активной поверхности. При необходимости блок может комплектоваться термопластинами для компенсации влияния температуры на результаты измерений или термодатчиком, в случаях если возникает необходимость изучения влияния температуры на результаты измерений или определения показателей средней дисперсии и преломления среды при заданной температуре. Клапанно-выпускной механизм обеспечивает выпуск жидкости по отводной трубке из измерительного в выкидной блок после окончания измерений. **Фотоэлектрический блок** (5, рис.) включает фотометрические сенсоры, усилители, служащие для преобразования яркости свечения фоточувствительных стекол в электрические сигналы и их усиления, а также счетчики сигналов для определения относительного дебита по нефти и воде и обводненности продукции. **Блок преобразования, хранения и передачи данных** (6, рис.) может включать аналогово-цифровой преобразователь, съемную память и устройство передачи данных. Блок преобразует аналоговые измерения в цифровой вид для их длительного хранения в съемной памяти и (или) передачи проводными и беспроводными методами в электронную базу данных, содержащую постоянно обновляющиеся сведения по показателям работы скважин и другие показатели разработки месторождения. **Выкидной блок** (7, рис.) включает накопитель и кран для слива или отбора контрольных проб нефти.

Устройство (рисунок) монтируется на устьевой арматуре скважины и присоединяется к отводу для отбора устьевых проб с помощью муфты 2.1. С помощью клапанно-редукторного механизма 2.2 осуществляется автоматическая с заданной дискретностью подача необходимого объема нефти в приемный блок 2 устройства. Добываемая скважинная жидкость проходит через поглотители газа 2.3 и воды 2.7. Газ поступает в газовую камеру, вода – в водяную камеру. Клапанные узлы необходимы для регулирования поступления жидкости и газа в камеры, а краны 2.6 и 2.10 – для отбора контрольных проб. В камеры пробы могут поступать и сохраняться при устьевом давлении и в таком виде доставляться в лабораторию для дальнейших исследований. Отбор пробы нефти возможен только при атмосферном давлении. В случае добычи безводной продукции, состоящей из нефти, ее предварительная подготовка, заключающаяся в ее обезвоживании и дегазации, не требуется. В этом случае приемный блок может быть исключен из конструкции устройства. Приемный модуль (блок) может быть исключен из конструкции также в случаях его использования в качестве расходомера. При этом измерительный блок 4 непосредственно подсоединяется к отводу для отбора проб через клапанно-редукторный механизм, скважинная жидкость непосредственно поступает в измерительный блок.

Продукция скважины (или предварительно подготовленная сырая нефть) поступает в измерительный блок в прободержатель 4.3, включающий две измерительные съемные призмы 4.4 и 4.5, которые непосредственно контактируют с нефтью. Прободержатель имеет переменное сечение, в том числе функцию создания сверхтонкой пленки, что особенно актуально для тяжелой и поэтому непрозрачной нефти с большим содержанием смол и асфальтенов. Отметим, что для проведения однократного исследования требуется незначительное количество жидкости – не более 1–2 капель. Для исследования непрозрачных сред, например тяжелой непрозрачной нефти, используется измерительная съемная призма 4.4.

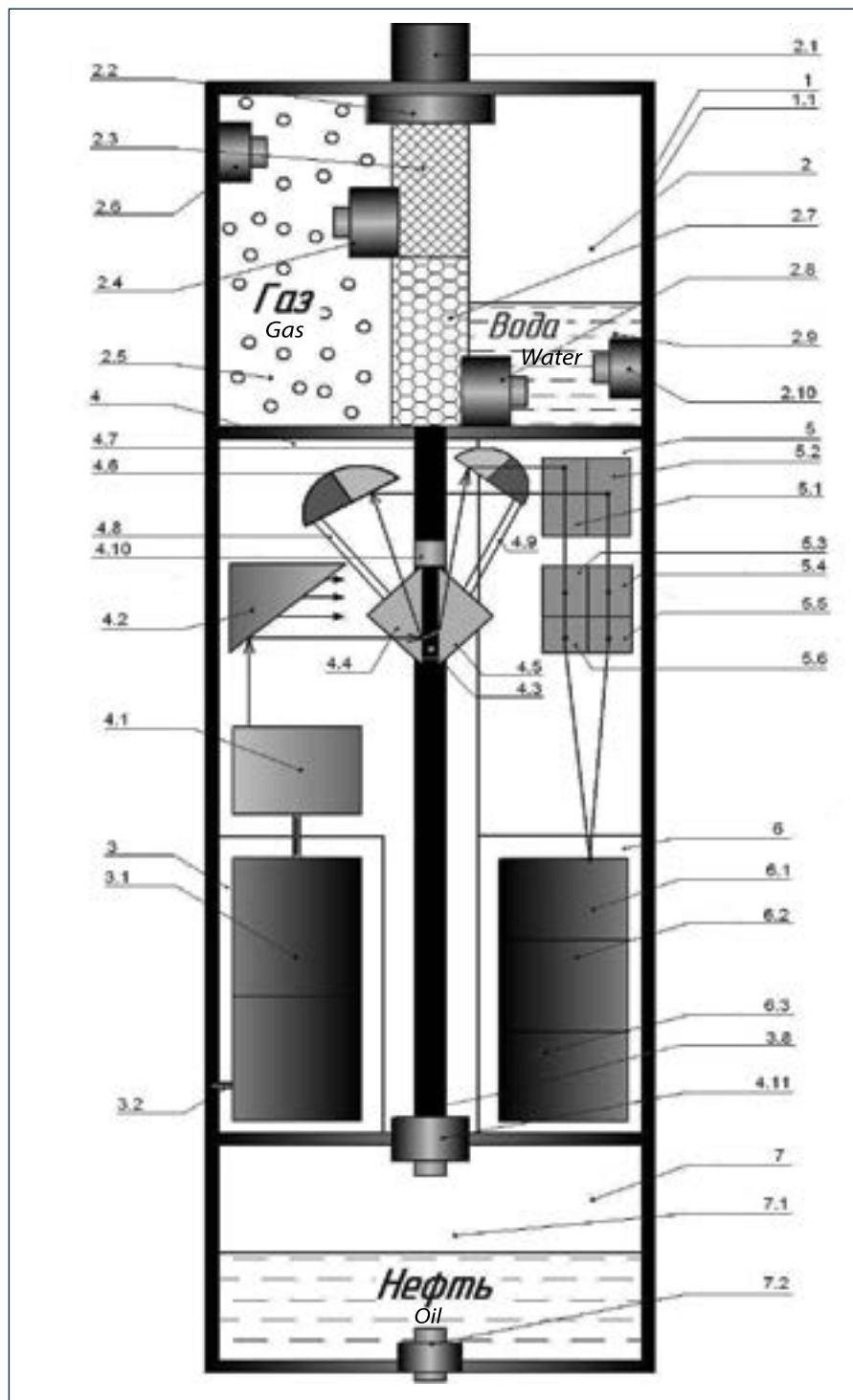


Рис. Устройство для исследования показателей преломления и дисперсии
Fig. Device for study of refraction and dispersion indices

В этом случае измерения проводятся для отраженного света. Для исследования прозрачных сред, например воды или легкой нефти, может использоваться измерительная съемная призма 4.5, и в этом случае измерения проводятся для преломленного света.

Съемное исполнение измерительных призм позволяет производить периодическую очистку их поверхностей специальными чистящими растворами, не допускающими их царапания или разрушения. Свет от источника 4.1 падает в монохроматор 4.2, позволяю-



Россия, Москва,
ЦВК «Экспоцентр»,
павильон № 2 (залы 2, 3)



Расцветают
все цвета



ИНТЕР

19-я международная специализированная
выставка

ЛАКО

9-й международный салон «Обработка поверхности.
Защита от коррозии»

КРАСКА

4-й международный салон «Покрытия
со специальными свойствами»

2015 / 03 / 3 – 6

12+

Реклама

www.interlak-expo.ru

www.interlakokraska.ru

Организатор:



Под патронатом
Торгово-промышленной палаты РФ

При поддержке
Министерства промышленности и торговли РФ

При содействии:
• Российского Союза химиков
• Российского химического общества
им. Д.И. Менделеева
• Ассоциации «Центрлак»



щий получить монохроматический свет, т.е. излучение с определенной длиной волны, который затем направляется на измерительные призмы. Это позволяет сканировать нефть в широком интервале длин волн излучения и изучить влияние длины волны на показатели преломления и средней дисперсии среды, поскольку известно, что с увеличением длины волны показатели преломления сред уменьшаются. Спектральный диапазон исследований определяется типом используемого источника. Тяжелую нефть лучше сканировать в отраженном свете или в проходящем (преломленном) свете в интервале длин волн ближней ультрафиолетовой зоны спектра. Легкую прозрачную нефть можно исследовать как в отраженном, так и в преломленном свете. Свет, отраженный на контакте исследуемой среды с поверхностью измерительной призмы 4.4, направляется на фоточувствительное стекло 4.6. Свет, преломленный на границе исследуемой жидкости с измерительной призмой 4.5, направляется на фоточувствительное стекло 4.7. На поверхности фоточувствительных стекол при этом возникают светотени, граница раздела между освещенной и неосвещенной частью. Освещенная часть стекол начинает светиться, так как стекла покрываются фоточувствительным веществом. Положение границы светотени, интенсивность свечения и спектральная яркость стекол будут определяться показателем преломления исследуемой среды. Показатель средней дисперсии определяется по разнице показателей преломления синей и красной частей спектра. Так как устройство работает в широком диапазоне излучения, средняя дисперсия может быть определена на любом другом спектральном диапазоне, так чтобы достичь наилучшей корреляции с геолого-промысловыми данными. Спектральная яркость стекол определяется как отношение интенсивности свечения к площади поверхности стекол. Яркость свечения стекол воспринимается фотосенсорами 5.1 и 5.2 и преобразуется в электрические сигналы, которые затем поступают в усилители 5.3 и 5.4. Счетчики сигналов 5.5 и 5.6 вычисляют количество сигналов, соответствующих

по уровню показаний нефти или воде, по которым затем в автоматическом режиме вычисляются относительный дебит скважины по нефти и воде. Обводненность продукции определяется по отношению количества сигналов по воде к общему количеству регистрируемых сигналов за единицу времени. Уровень сигналов, соответствующих воде и нефти, определяется на этапе настройки и калибровки устройства путем заполнения прободержателя эталонными жидкостями. Показатели преломления среды будут вычисляться автоматически по величине продуцируемого тока. При калибровке устройства также определяется зависимость между величиной спектральной яркости стекол, зависящей от преломления среды и величиной тока. В конструкции модуля возможно включение термометаллических пластин 4.8 и 4.9, соединяющих измерительные призмы и фоточувствительные стекла и предназначенных для учета влияния температуры на результаты измерения. Пластины растягиваются или сжимаются в зависимости от температуры, плавно передвигая оптическую систему в зависимости от ее изменения. Длина пластин и величины их сжатия и растяжения определяются на этапе их калибровки. В случае же необходимости изучения влияния температуры на результаты измерения в конструкцию устройства может быть включен термодатчик 4.10, монтируемый на входе в прободержатель. При этом термопластины могут быть исключены из конструкции устройства, а определение показателей преломления и дисперсии сред при стандартной (или необходимой) температуре будет производиться автоматически. Аналогово-цифровой преобразователь 6 служит для преобразования аналоговых результатов измерений в цифровой формат, причем данные могут непосредственно храниться в съемной памяти устройства. В случаях, если устройство смонтировано на устье скважины на определенный период в блок, включают устройство передачи данных проводными или беспроводными методами в режиме on-line в постоянно обновляемую электронную базу. База должна содержать сведения по показателям

работы скважины и месторождения в целом. Блоки 3, 4, 5 и 6 могут быть исполнены как самостоятельный модуль – расходомер, при этом из конструкции исключаются приемный 2 и может быть исключен выкидной 7 блоки. В случае исключения выкидного блока 7 клапано-выпускной механизм соединяется с емкостью амбаром или желобом (на рисунке не показан) для слива жидкостей. После окончания измерений нефть поступает в выкидной блок 7. Кран 7.2 может быть использован для отбора контрольных проб нефти для лабораторных исследований и сравнения лабораторных и промысловых исследований, исследования других физико-химических свойств нефти и корреляции их с показателями преломления и дисперсии нефти. Выкидной блок 7 также может использоваться как самостоятельный модуль – сборник для отработанных или высвобождающихся при любых других операциях на устье скважины жидкостей для предотвращения попадания их на земную поверхность, тем самым обеспечивая выполнение условий охраны окружающей среды.

Программное обеспечение устройства может включать четыре уровня программных продуктов. Первый уровень – встроенная программа, обеспечивающая синхронную работу клапанов, измерительных устройств, термометра, аналогово-цифрового преобразователя с заданной дискретностью, а также операции по калибровке устройства и внутренние автоматизированные расчеты и операции и их сохранение во встроенной памяти. Второй уровень – программный продукт для экспорта полевых данных из устройства в компьютер. Третий уровень – программный продукт для постобработки данных, корреляции полученных и любых других геолого-промысловых данных. Четвертый уровень – программные продукты моделирования и электронные базы комплексного использования геолого-промысловых и технико-технологических данных по месторождению (по предприятию) в целом.

Предлагаемое устройство характеризуется рядом преимуществ и дополнительных возможностей, выгодно отлича-

ющих его от традиционных оптических исследований:

- 1) может использоваться для измерения показателей преломления и средней дисперсии сырой нефти, а также в качестве расходомера, пробоотборника или обычного сборника или в различных сочетаниях, в зависимости от решаемых задач;
- 2) возможность модульного исполнения (комплектация отдельных модулей и их количество определяется назначением устройства) и измерение свойств сырой нефти непосредственно на устье скважины;
- 3) возможность одновременного исследования среды в отраженном и преломленном свете и в широком спектральном диапазоне, что не ограничивает возможности использования устройства в зависимости от плотности, прозрачности и других физико-химических свойств нефти;
- 4) возможность сканирования нефти в широком спектральном диапазоне длин волн или определения показателя

преломления для излучения заданной длины волны. Это позволяет определить и использовать затем в геолого-промысловых целях показатели преломления для светового излучения длины волны, которые наилучшим образом коррелируют с геолого-промысловыми данными скважины или месторождения в целом;

б) возможность одновременного определения показателей преломления и средней дисперсии исследуемой среды, а также возможность определения средней дисперсии в заданном интервале длин волн светового излучения. Это позволяет использовать в геолого-промысловых целях показатели средней дисперсии такого интервала длин волн светового излучения, которые наилучшим образом коррелируют с геолого-промысловыми данными скважины или месторождения в целом;

7) возможность получения данных с заданной дискретностью в заданном интервале времени исследования добывающей скважины, что позволяет получить наиболее достоверные све-

дения об изменении свойств жидкостей в процессе эксплуатации скважины;

8) возможность получения данных в режиме on-line для дальнейшей корреляции их с другими геолого-промысловыми данными;

9) возможность использования устройства в качестве расходомера для определения относительного дебита скважины по нефти, воде и определения обводненности продукции;

10) устройство может быть использовано для исследования плотности и других физико-химических свойств добываемой нефти и их изменения во времени, для оценки эффективности применения различных видов геолого-технических мероприятий, в том числе направленных на повышение нефтеотдачи пластов.

Исследования добывающих скважин с использованием предлагаемого устройства в комплексе с геофизическими и гидродинамическими методами исследований скважин значительно увеличат достоверность контроля разработки нефтяного месторождения.

Литература:

1. Хисамов Р.С., Бурханов Р.Н., Ханнанов М.Т. Способ эксплуатации скважины. Патент РФ № 2304701, 20.08.2007.
2. Хисамов Р.С., Бурханов Р.Н., Ханнанов М.Т. Способ разработки неоднородной нефтяной залежи. Патент РФ № 2304705, 20.08.2007.
3. Бурханов Р.Н. Оптические свойства нефти // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. – Т. IX. – Ч. 2. – Альметьевск: АГНИ, 2012. – С. 238–248.
4. Бурханов Р.Н., Ханнанов М.Т., Фаррахов И.М. Теоретические основы рефрактометрических исследований // Материалы научной сессии ученых Альметьевского государственного нефтяного института. – Т. 1. – Альметьевск: АГНИ, 2012. – С. 20–21.
5. Бурханов Р.Н., Ханнанов М.Т., Валиуллин И.В. Применение оптического метода в геолого-промысловых целях // Известия вузов. Нефть и газ. – 2006. – № 1. – С. 4–10.
6. Бурханов Р.Н., Максютин А.В. Обобщение результатов оптических исследований нефти Архангельского месторождения // Геология, география и глобальная энергия. – 2013. – №2 (49). – С. 34–40.
7. Бурханов Р.Н., Ханнанов М.Т. Перспективы применения оптических исследований для подсчета остаточных извлекаемых запасов нефти // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. – Т. IX. – Альметьевск: АГНИ, 2011. – С. 19–28.
8. Бурханов Р.Н., Хазилов Р.Р., Ханнанов М.Т. Способ исследования скважины для оценки остаточных извлекаемых запасов // Материалы научной сессии ученых Альметьевского государственного нефтяного института. – Т. 1. – № 1. – Альметьевск: АГНИ, 2014. – С. 228–232.
9. Бурханов Р.Н. Способ исследования скважин оптическими методами для определения количества остаточных извлекаемых запасов разрабатываемого месторождения. Патент РФ № 2496982, 23.03.2012.
10. Фаррахов И.М., Бурханов Р.Н., Ханнанов М.Т. Закономерности изменения оптических свойств добываемой нефти при полимерном заводнении Архангельского месторождения // Нефть, газ и бизнес. – 2010. – № 3. – С. 66–69.
11. Раупов И.Р., Кондрашева Н.К., Бурханов Р.Н., Щербаков Г.Ю. Контроль за разработкой нефтяного месторождения при внутрислоевой изоляции оптическим методом // Материалы научной сессии ученых Альметьевского государственного нефтяного института. – Т. 1. – № 1. – Альметьевск: АГНИ, 2014. – С. 252–257.
12. Раупов И.Р., Кондрашева Н.К., Бурханов Р.Н., Хрускин С.В. Метод контроля за разработкой нефтяного месторождения на завершающей стадии при внутрислоевой водоизоляции // Вестник ЦКР Роснедра. – 2014. – № 4. – С. 30–35.
13. Бурханов Р.Н., Ханнанов М.Т., Фаррахов И.М. Рефрактометрические исследования тяжелой и высоковязкой нефти // Материалы научной сессии ученых Альметьевского государственного нефтяного института. – Т. 1. – Альметьевск: АГНИ, 2012. – С. 16–20.
14. Раупов И.Р., Кондрашева Н.К., Бурханов Р.Н., Щербаков Г.Ю. Устройство для измерения коэффициента светопоглощения нефти на устье скважины // Материалы научной сессии ученых Альметьевского государственного нефтяного института. – Т. 1. – № 1. – Альметьевск: АГНИ, 2014. – С. 237–242.
15. Бурханов Р.Н., Щербаков Г.Ю. Скважинное фотометрическое устройство. Патент РФ № 122434, 27.10.2012.
16. Бурханов Р.Н., Раупов И.Р. Мобильное устройство автоматизированного измерения оптических свойств нефти на устье нефтедобывающей скважины. Патент РФ № 123455, 04.07.2012.
17. Раупов И.Р., Кондрашева Н.К., Бурханов Р.Н. Разработка мобильного устройства для измерения оптических свойств нефти при решении геолого-промысловых задач // Нефтегазовое дело: электронный журнал. – 2014. – № 3. – С. 17–32.
18. Бурханов Р.Н. Скважинное устройство для измерения оптических свойств нефти на устье скважины. Патент РФ № 116893, 10.06.2012.
19. Бурханов Р.Н. Устройство для исследования показателей преломления и дисперсии нефти на устье добывающей скважины. Патент РФ № 146223, 25.12.2013.

R.N. Burkhanov, Almeteyevsk State Oil Institute (Almeteyevsk, Republic of Tatarstan, Russia), Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), Head of Geology Department, Provost for Research, e-mail: burkhanov_rn@mail.ru

Prospects for creation and application of devices for oil refraction and dispersion at the well head survey

It is indicated that the optical properties of oil – absorptivity factor and optical density, refraction and dispersion indices – found use in solving various tasks in exploration and field-geological control of oil fields development. The technologies of such surveys provide for oil sampling at the well head, long-term and massive laboratory and analytical surveys. The results of such surveys come out with considerable time delay, with a lag from current process of development. Besides, they may be distorted as a result of deviation of physical and chemical characteristics of the samples from natural ones during their transportation and storage. The scope of lost or misinterpreted information can be increased during the process of long-term surveys, since the properties of hydrocarbon mixtures in the formation vary continuously, and the measured properties of the samples will not describe current formation conditions. Therefore, the automated devices of various types are proposed for survey of optical properties of oil directly on the well on a real-time basis. A circuit diagram is given for the device for measurement of the oil refraction and dispersion indices at the producing well head. The device includes a casing and the following main blocks (or removable modules) – receiving, power, measuring, photovoltaic, transformation, data storage and transmission, discharge ones. The device is mounted directly on the wellhead equipment at the sample outlet. The proposed device is characterized with a number of advantages. It can be used for measurement of the refraction and average dispersion of crude oil as well as flow meter, sampler or regular collector, or in various combinations depending on the tasks to be solved. The software of the device may include several levels of software products.

Keywords: optical testing of oil, oil absorptivity factor, oil optical density, refraction and dispersion indices, mobile device.

References:

1. Khisamov R.S., Burkhanov R.N., Khannanov M.T. *Sposob jekspluatatsii skvazhiny* [Well operation method]. RF Patent No. 2304701, 2007.
2. Khisamov R.S., Burkhanov R.N., Khannanov M.T. *Sposob razrabotki neodnorodnoj neftjanoy zalezhi* [Method for heterogeneous oil deposit development]. RF Patent No. 2304705, 2007.
3. Burkhanov R.N. *Opticheskie svojstva nefti* [Optical properties of oil]. *Uchenye zapiski Al'met'evskogo gosudarstvennogo neftjanogo instituta = Bulletin of Almeteyevsk State Oil Institute*, 2012, Vol. IX, Part 2. P. 238–248.
4. Burkhanov R.N., Khannanov M.T., Farrakhov I.M. *Teoreticheskie osnovy refraktometricheskikh issledovaniy* [Theoretical framework of refractometric investigations]. *Materialy nauchnoj sessii uchenyh Al'met'evskogo gosudarstvennogo neftjanogo instituta = Proceedings of the Scientific Session of Almeteyevsk State Oil Institute*, 2012, Vol. 1. P. 20–21.
5. Burkhanov R.N., Khannanov M.T., Valiullin I.V. *Primenenie opticheskogo metoda v geologo-promyslovyyh celjah* [Application of optical method for field-geological purpose]. *Izvestiya vuzov, Neft' i gaz = News of Higher Educational Institutions, Oil and Gas*, 2006, No. 1. P. 4–10.
6. Burkhanov R.N., Maksyutin A.V. *Obobshchenie rezul'tatov opticheskikh issledovaniy nefti Arhangel'skogo mestorozhdeniya* [Summary of the results of optical surveys of oil at Arkhangelskoye field]. *Geologiya, geografija i global'naja jenergiya = Geology, Geography and Global Energy*, 2013, No. 2 (49). P. 34–40.
7. Burkhanov R.N., Khannanov M.T. *Perspektivy primeneniya opticheskikh issledovaniy dlja podscheta ostatocnyh izvlekaemyh zapasov nefti* [Prospects for application of optical surveys for remaining recoverable reserves of oil calculation]. *Uchenye zapiski Al'met'evskogo gosudarstvennogo neftjanogo instituta = Bulletin of Almeteyevsk State Oil Institute*, 2011, Vol. IX. P. 19–28.
8. Burkhanov R.N., Khazipov R.R., Khannanov M.T. *Sposob issledovaniya skvazhiny dlja ocenki ostatocnyh izvlekaemyh zapasov* [Well survey method for remaining recoverable reserves evaluation]. *Materialy nauchnoj sessii uchenyh Al'met'evskogo gosudarstvennogo neftjanogo instituta = Proceedings of the Scientific Session of Almeteyevsk State Oil Institute*, 2014, Vol. 1, No. 1. P. 228–232.
9. Burkhanov R.N. *Sposob issledovaniya skvazhin opticheskimi metodami dlja opredeleniya kolichestva ostatocnyh izvlekaemyh zapasov razrabatyvaemogo mestorozhdeniya* [Well survey using optical methods for determination of the amount of remaining recoverable reserves of the developed field]. RF Patent No. 2496982, 2012.
10. Farrakhov I.M., Burkhanov R.N., Khannanov M.T. *Zakonomnosti izmeneniya opticheskikh svojstv dobyvaemoy nefti pri polimernom zavodnenii Arhangel'skogo mestorozhdeniya* [Regularities in variation of optical properties of extracted oil at polymer flooding of Arkhangelskoye field]. *Neft', gaz i biznes = Oil, Gas and Business*, 2010, No. 3. P. 66–69.
11. Raupov I.R., Kondrasheva N.K., Burkhanov R.N., Shcherbakov G.Yu. *Kontrol' za razrabotkoj neftjanogo mestorozhdeniya pri vnutriplastovoj izoljatsii opticheskim metodom* [Control over oil field development at intraformational shutoff using optical method]. *Materialy nauchnoj sessii uchenyh Al'met'evskogo gosudarstvennogo neftjanogo instituta = Proceedings of the Scientific Session of Almeteyevsk State Oil Institute*, 2014, Vol. 1, No. 1. P. 252–257.
12. Raupov I.R., Kondrasheva N.K., Burkhanov R.N., Khruskin S.V. *Metod kontrolja za razrabotkoj neftjanogo mestorozhdeniya na zavershajushhej stadii pri vnutriplastovoj vodoizoljatsii* [Method of oil field development control at the final stage under intraformational water shutoff]. *Vestnik TsKR Rosnedra = Herald of Central Development Committee of Federal Subsoil Resources Management Agency*, 2014, No. 4. P. 30–35.
13. Burkhanov R.N., Khannanov M.T., Farrakhov I.M. *Refraktometricheskie issledovaniya tjazheloj i vysokovjazkoj nefti* [Refractometric investigations of heavy and high-viscosity oil]. *Materialy nauchnoj sessii uchenyh Al'met'evskogo gosudarstvennogo neftjanogo instituta = Proceedings of the Scientific Session of Almeteyevsk State Oil Institute*, 2012, Vol. 1. P. 16–20.
14. Raupov I.R., Kondrasheva N.K., Burkhanov R.N., Shcherbakov G.Yu. *Ustrojstvo dlja izmereniya koeficienta svetopogloshheniya nefti na ust'e skvazhiny* [Device for measurement of oil absorptivity factor at the well head]. *Materialy nauchnoj sessii uchenyh Al'met'evskogo gosudarstvennogo neftjanogo instituta = Proceedings of the Scientific Session of Almeteyevsk State Oil Institute*, 2014, Vol. 1, No. 1. P. 237–242.
15. Burkhanov R.N., Shcherbakov G.Yu. *Skvazhinnoe fotometricheskoe ustrojstvo* [Downhole photometric device]. RF Patent No. 122434, 2012.
16. Burkhanov R.N., Raupov I.R. *Mobil'noe ustrojstvo avtomatizirovannogo izmereniya opticheskikh svojstv nefti na ust'e neftedobyvajushhej skvazhiny* [Mobile device for automated measurement of oil optical properties at the oil producing well head]. RF Patent No. 123455, 2012.
17. Raupov I.R., Kondrasheva N.K., Burkhanov R.N. *Razrabotka mobil'nogo ustrojstva dlja izmereniya opticheskikh svojstv nefti pri reshenii geologo-promyslovyyh zadach* [Development of mobile device for oil optical properties measurement in solving field-geological tasks]. *Neftegazovoe delo: jelektronnyj zhurnal = Oil and Gas Business: Electronic scientific journal*, 2014, No. 3. P. 17–32.
18. Burkhanov R.N. *Skvazhinnoe ustrojstvo dlja izmereniya opticheskikh svojstv nefti na ust'e skvazhiny* [Downhole device for oil optical properties measurement at the well head]. RF Patent No. 116893, 2012.
19. Burkhanov R.N. *Ustrojstvo dlja issledovaniya pokazatelej prelomeneniya i dispersii nefti na ust'e dobyvajushhej skvazhiny* [Device for study of the oil refraction and dispersion indices at the producing well head]. RF Patent No. 146223, 2013.