

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ГАЗОВОГО КАРОТАЖА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН НА НЕФТЬ И ГАЗ

Рассмотрены особенности проведения геолого-технологических исследований и газового каротажа при бурении горизонтальных скважин на нефть и газ. Указывается на смещение приоритета решаемых задач. Предлагаются пути устранения или уменьшения воздействия негативных факторов, влияющих на информативность проведения исследований. Предполагается, что использование адаптированных для горизонтальных скважин методов ГТИ может позволить более качественно осуществлять проводку скважин и оптимизировать весь процесс бурения.

Ключевые слова: геолого-технологические исследования; газовый каротаж; горизонтальные скважины.

В последние годы одним из основных факторов, направленных на повышение нефте-газоизвлечения, является увеличение поверхности фильтрации дренирования залежи с помощью горизонтальных скважин. При этом роль геолого-технологических исследований (ГТИ) в обеспечении оптимизации процесса строительства скважин на нефть и газ все более увеличивается. Расширяется круг задач и требований к качеству проведения исследований, оперативности получения информации, наполняемости комплекса ГТИ. Специфика строительства горизонтальных скважин и боковых стволов с горизонтальным окончанием, особенности применяемых технологий бурения, оборудования и буровых растворов показали, что традиционные программно-методические средства для решения подобных задач малопригодны. Назрела необходимость анализа факторов, влияющих на эффективность проведения ГТИ. Имеющиеся методики и оснащение требуют существенных изменений и выработки новых подходов в проведении исследований [1].

При осуществлении ГТИ в горизонтальных скважинах происходит смещение приоритета решаемых задач в сторону возможности оперативной корректировки траектории ствола скважины. Соответственно, основной геологической задачей является выдача оперативной геологической информации о вскрытии проектного пласта и предупреждение выхода бурящегося ствола из продуктивной части пласта [2].

Горизонтальные скважины зачастую характеризуются сложными траекториями с интенсивными наборами азимутальных и зенитных углов. Проводка таких скважин осуществляется с помощью «слайдирования». Кроме того, значительная часть инструмента находится в постоянном контакте со стенками скважины. В результате данные детально-механического каротажа (ДМК) не всегда отражают истинную картину пройденного разреза, так как скорость проходки в подобных случаях зависит в большей мере не от крепости разбуриваемых пород, а от технологии бурения.

Специфические растворы, особенности режима бурения и применяемая компоновка бурового инструмента вносят свои трудности в отбор и анализ шлама. Горизонтальные участки скважин имеют протяженность до 1 500 м, и, как следствие, на этих участках буровой инструмент «лежит» на стенках скважины. При перемещении инструмента происходит постоянная выработка стенок скважины муфтами и изменение профиля сечения скважины, что приводит к значительному поступлению обвальная породы. Постоянный контакт бурового инструмента, особенно на субгоризонтальных участках и в интервалах максимального искривления траектории скважины, значительно (до 90%) увеличивает долю обвальная породы в шламе. При этом обвальная порода практически неотличима от разбуриваемой. Применение долот истирающего типа приводит к практически полному измельчению породы (рис. 1).

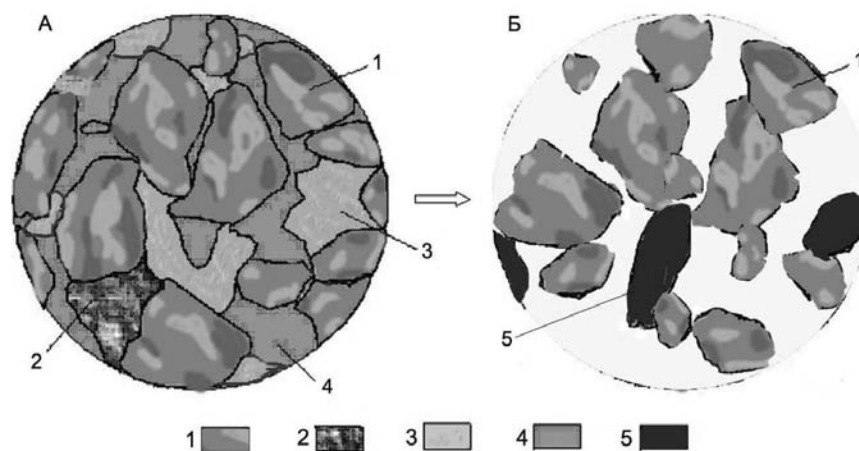


Рис. 1. При разбурировании коллекторов шарошечным долотом шлам обычно представлен фрагментами песчаника с сохранившимся цементом и межпоровым пространством (А); при использовании долота истирающего типа шлам зачастую представлен отдельными зернами, лишенными цементирующего материала, и обломками обвальная пород (Б): 1 – зерна кварца; 2 – карбонатный цемент; 3 – глинистый цемент; 4 – межпоровое пространство; 5 – обломки аргиллитов и алевролитов

Шлам обычно представлен фракцией менее 1,5 мм, а считающаяся наиболее информативной фракция 3–7 мм отсутствует или состоит из обвальской породы. При бурении нефтенасыщенных песчаников на преимущественно глинистом, поровом цементе фракция шлама менее 1,5 мм представляет в большинстве своём отдельные зерна. Применение и интерпретация данных люминесцентно-битуминологического анализа (ЛБА) в таких случаях имеют ряд ограничений. Так как в шламе, представленном отдельными обломками, отсутствует цементирующий материал, в результате интенсивность хлороформных вытяжек получается заведомо заниженной.

При проведении комплекса ГТИ в горизонтальных скважинах большое внимание уделяется газовому каротажу как одному из основных методов при выделении продуктивных коллекторов. Однако очень часто метод газового каротажа оказывается малоинформативным или совершенно неинформативным. Применение буровых растворов, обладающих повышенной вязкостью и, соответственно, низким коэффициентом дегазации, ведет к уменьшению газопоказаний. При этом показания порой настолько занижены, что газовая аппаратура начинает работать на пределе чувствительности, что делает газовый каротаж малопригодным для использования. После перехода на высоковязкие рас-

творы в течение нескольких циклов происходит постепенное насыщение промывочной жидкости газом разбуриваемых пород, и лишь потом отмечается слабая дегазация раствора. Из-за физических свойств подобных буровых растворов легкие составляющие углеводородных газов (C_1) успевают дегазироваться в емкостях, а более тяжелые (C_3-C_5) накапливаются в промывочной жидкости. Это приводит к тому, что при длительном бурении наблюдается аномальный рост показаний тяжелых компонентов.

Особенно губительными для проведения газового каротажа (и геохимических исследований) являются вводы нефти и нефтепродуктов (рис. 2). Зачастую это происходит несанкционированно, и возникают сложности не только в получении объективной информации о составе и объемах добавок, но и в подтверждении самого факта ввода. При подобных вводах приходится аномальные значения принимать за фоновые и впоследствии по косвенным признакам (увеличение или изменение ЛБА и газопоказаний) делать предположения о насыщении коллекторов. Нередко после добавок происходит снижение информативности только одного из параметров. Так, например, при добавках на основе асфальтенов снижается только информативность ЛБА.

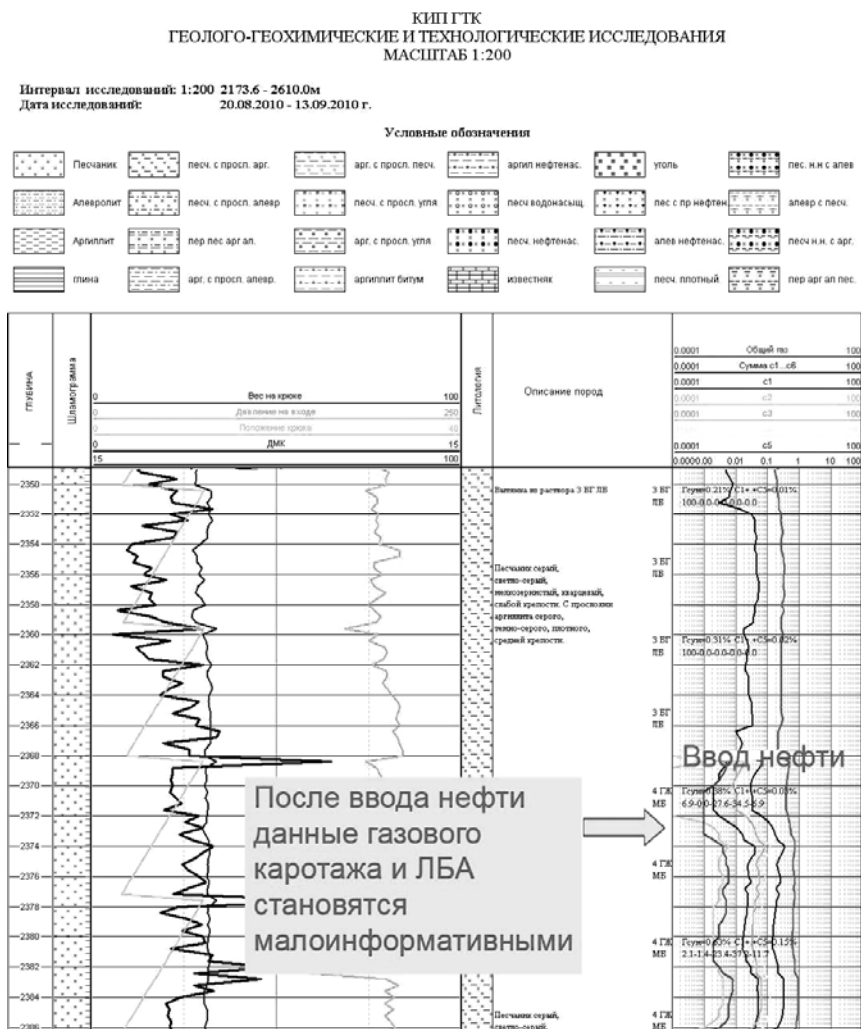


Рис. 2. Ввод нефти или добавок на углеводородной основе делает газовый каротаж и ЛБА малоинформативными

Постоянно появляются новые химические реагенты для буровых растворов. Взаимодействие горных пород с технологическими жидкостями заключается в диффузии реагента жидкой фазы и реакционной поверхности твердого тела, химической реакции между обоими веществами и последующим выносом продуктов реакции с поверхности. Влияние на газовый каротаж и геохимические исследования всевозможных ингибиторов, консервантов, смазывающих добавок, стабилизаторов, эмульгаторов, структурообразователей, пеногасителей и т.п. требует детального изучения.

Основные методы ГТИ, такие как ДМК, газовый каротаж, геохимические исследования шлама при бурении горизонтальных стволов порой могут быть малоинформативными. Следовательно, к данным ГТИ следует относиться очень внимательно и рассматривать их в комплексе с учётом всех особенностей проводки скважины. Варианты устранения или уменьшения воздействия факторов, влияющих на проведение исследований, можно разделить на три направления:

1. Уменьшение влияния технических и технологических факторов.
2. Изменение и разработка новых методик проведения ГТИ.
3. Усовершенствование оборудования и программного обеспечения.

1. В большинстве случаев уменьшить влияние технических и технологических факторов не представляется возможным, так как все нововведения в технологию проводки скважин нацелены на увеличение скоростей бурения и улучшение подготовки ствола скважины. Здесь необходимо сделать акцент на предоставлении подрядчику по ГТИ полной информации об используемом оборудовании, технологиях, реагентах (особенно на углеводородной основе), возможном влиянии соседних скважин и своевременном проведении лабораторного анализа буровых растворов на предмет их воздействия на газовый каротаж и геолого-

геохимические исследования. При использовании видеонаблюдения и удаленного мониторинга бурения у ключевых специалистов, принимающих управленческие решения, появляется уникальная возможность участвовать в процессе строительства скважин в режиме реального времени. Это способствует нахождению оптимальных технологий. В любом случае заказчик работ должен четко себе представлять, какие данные при определённых условиях возможно, а какие невозможно получить при проведении комплекса ГТИ и степень достоверности этих данных.

2. Задача создания и утверждения единых стандартов на проведение ГТИ в горизонтальных скважинах, с учётом особенностей региона работ, по-прежнему остаётся не решенной. Проблема изменения и разработки новых методик проведения ГТИ назрела уже давно, и это касается не только исследований в горизонтальных скважинах.

При определении наиболее информативной фракции шлама, помимо физико-механических свойств разбуриваемых пород, необходимо учитывать тип долота, траекторию ствола скважины, особенности бурового раствора. Момент входа в пласты и пропластки может характеризоваться не резким увеличением процентного содержания пород, а появлением (порой единичных зерен) той или иной литологической разности с определенными фаціальными признаками. Производить расчленение разреза скважины на фаціальные зоны с целью навигации по наиболее продуктивной части можно с помощью фаціально-литологических исследований шлама (рис. 3). Данные исследования, помимо оперативных задач по проводке скважин со сложными траекториями, могут решать и более глобальные задачи, такие как восстановление геологической истории их развития. По мере сбора и составления базы данных по отдельным структурным регионам появляется возможность построить генерализованные модели, отражающие строение геоструктурных элементов различного ранга.

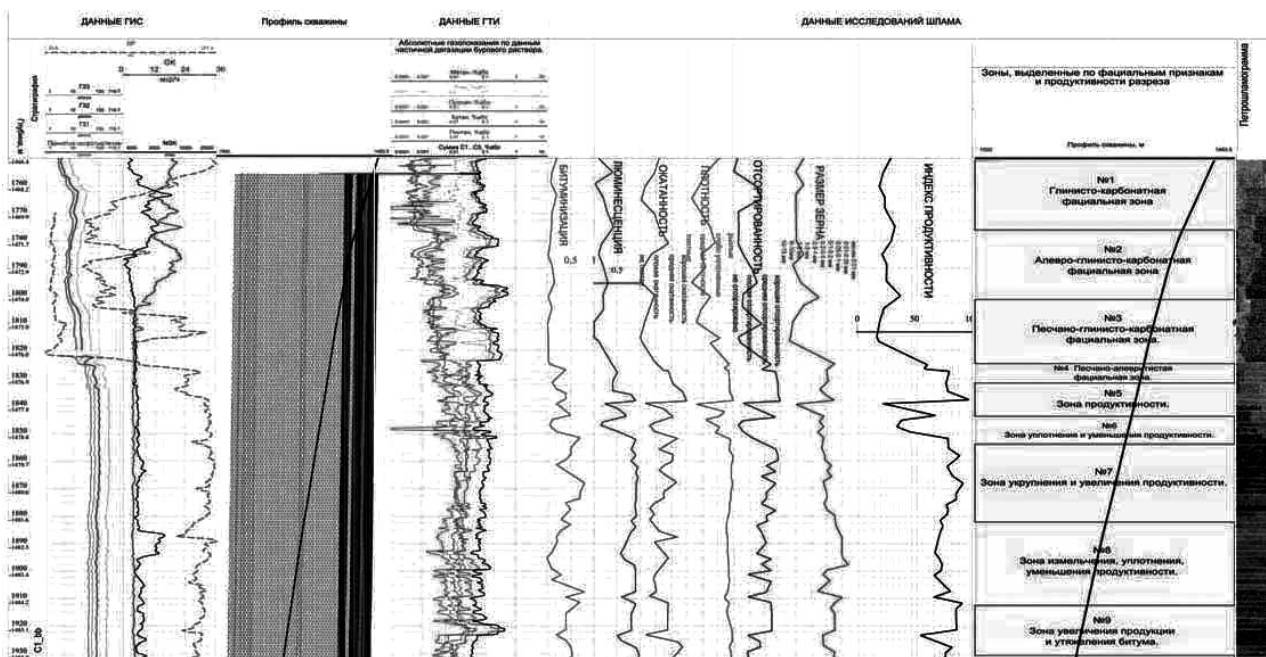


Рис. 3. Использование метода фаціально-литологических исследований шлама позволяет вести геологический контроль траектории бурения скважины и наглядно демонстрировать геологический разрез

При оценке выбуренных горных пород на содержание битуминозных веществ или битумоидов наибольшее распространение получил метод жидкостных хлороформных вытяжек с использованием хлороформа в качестве растворителя. Это дает ориентировочную оценку качественного и количественного состава битумоидов. Более детальное представление о содержании углеводородов можно получить, проведя тест на определение флуоресценции шлама в растворителе. В качестве растворителя пригоден не только хлороформ, но и спиртобензол, бензол, петролейный эфир, четыреххлористый углерод. В данном тесте определяется характер окрашивания растворителя, интенсивность флуоресценции образца. В случае подозрения на содержание легкой нефти и газоконденсата можно провести водно-ацетоновый тест. Важно при проведении тестов на флуоресценцию использовать эталонные коллекции, подготовленные из основных типов битумоидов.

Особое внимание должно уделяться интерпретации данных газового каротажа и ДМК. При этом необходимо учитывать индивидуальность геологического разреза, влияние технологии бурения и особенности применяемого оборудования. При использовании буровых насосов с регулируемой подачей давления должна быть соответствующая методика расчета времени отстаивания шлама и газа.

3. Производители программного обеспечения и оборудования ГТИ периодически с переменным успехом осуществляют различные попытки создания новых продуктов в данной сфере [3]. Но, как правило, подобные разработки либо не имеют должного результата, либо не получают широкого распространения. Причина этого кроется, главным образом, в низких расценках данных исследований и в отсутствии заинтересованности заказчика. Тем не менее существует целый ряд заслуживающих внимания и весьма перспективных разработок как у отечественных, так и у зарубежных производителей. Для выявления неоднородностей и корректировки траектории горизонтального участка при его выходе за пределы продуктивной зоны пласта целесообразно использовать виброакустический каротаж, который следовало бы включить в основной комплекс ГТИ [4].

Существенным дополнением люминоскопа (или заменой его) может стать флуориметр, позволяющий, благодаря специальному программному обеспечению, отказаться от субъективной оценки люминесценции и получить объективные численные значения.

В качестве прибора, используемого для анализа газа, наиболее информативным является масспектрометр. Основной недостаток данного оборудования – это плохая приспособленность к полевым условиям работы. Масспектрометр обладает самой высокой чувствительностью среди всех классов газоаналитического оборудования и позволяет получать информацию о содержании как органических, так и неорганических элементов. В случае перевода данных приборов из разряда лабораторных и широкого их применения вместо хроматографов и суммарных газоанализаторов спектр задач, решаемых при проведении газового каротажа, значительно расширится (некоторые подрядчики по ГТИ уже успешно используют масспектрометры в качестве основных газоанализаторов). При транспортировке газа по газозащитной линии (ГВЛ) происходит процесс расслоения газа на компоненты. Используя фторопластовые трубки и обеспечивая регулируемый обогрев ГВЛ, можно свести к минимуму указанный недостаток.

Для решения проблем нестабильности пласта и обвала стенок скважин может послужить объемный счетчик бурового шлама, который позволяет контролировать процесс очистки ствола. Также с помощью специального программного обеспечения можно прогнозировать зоны аномально высокого пластового давления, предотвращать поглощения и проявления, определять вертикальные колебания долота и перекручивание буровой колонны.

На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. В горизонтальных стволах сегодня невозможно проведение стандартного комплекса геофизических исследований скважин (ГИС), поэтому производятся лишь отдельные виды каротажа, которые не могут дать однозначные ответы на все поставленные вопросы. При этом ГТИ является наиболее перспективным направлением исследований. Сама собой возникает необходимость комплексной интерпретации данных ГИС и ГТИ, с учетом всех особенностей бурения [5].

2. На современном этапе ГТИ, при бурении горизонтальных скважин, имеет ряд ограничений по применению и достоверности выдаваемых результатов. В свете этого становится необходимой разработка новых технологий и специального оборудования для проведения ГТИ в горизонтальных скважинах, что в свою очередь потребует объединения усилий производителей оборудования и программного обеспечения и исполнителей геологических исследований для решения стоящих задач и выработки единого подхода к их решению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Махмутов Ш.Я. Анализ эффективности геохимических исследований при бурении скважин со сложной траекторией ствола // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд-во АИС, 2010. № 7. С. 20–25.
2. Лукьянов Э.Е. Состояние и перспективы развития геофизических исследований в горизонтальных скважинах: Науч.-техн. обзор / НПГП «ГЕРС»; Тверь: АИС, 1994. 207 с.
3. Демиков В.И., Леонов А.И. Контрольно-измерительные приборы при бурении скважин. М.: Недра, 1980. 304 с.
4. Лукьянов Э.Е., Стрельченко В.В. Геолого-технологические исследования в процессе бурения. М.: Нефть и газ, 1997. 688 с.
5. Геолого-технологические исследования скважин / Л.М. Чекалин, А.С. Моисеенко, А.Ф. Шакиров и др. М.: Недра, 1993. 240 с.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 12 апреля 2011 г.