

## Проведение геофизических исследований в горизонтальных скважинах с многостадийными гидроразрывами пласта с применением технологии Y-tool

**Р.К. Яруллин**, к.ф.-м.н.

(БашГУ),

**А.С. Валиуллин**,

**М.С. Валиуллин**,

**И.Н. Тихонов**

(ООО «ПКФ «ГИС Нефтесервис»),

**Р.Н. Асмандияров**,

**Э.Р. Назаргалин**

(ООО «РН-Юганскнефтегаз»)

Одним из наиболее эффективных способов увеличения зоны дренирования эксплуатируемых геологических объектов является ввод в эксплуатацию скважин с горизонтальным окончанием. В последнее время при закачивании горизонтальных скважин (ГС) все чаще используются нецементированные компоновки, оборудованные системой многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП). Конструкция скважины, как правило, включает эксплуатационную колонну внешним диаметром 168–178 мм, нецементируемую колонну хвостовика диаметром 114–102 мм с системой разобщающих пакеров, спускаемую в интервал интенсивного набора кривизны и горизонтальную часть ствола скважины.

Компоновка хвостовика (рис. 1) представляет собой чередование муфт РГП и заколонных пакеров для выравнивания профиля выработки эксплуатируемого объекта посредством разобщения притока по интервалам горизонтально ствола. После спуска нецементируемой подвески хвостовика заколонные пакеры расширяются при контакте с флюидом. Перед вводом в эксплуатацию в скважине проводятся работы по интервальному гидроразрыву через порты ГРП с использованием шаров, ко-

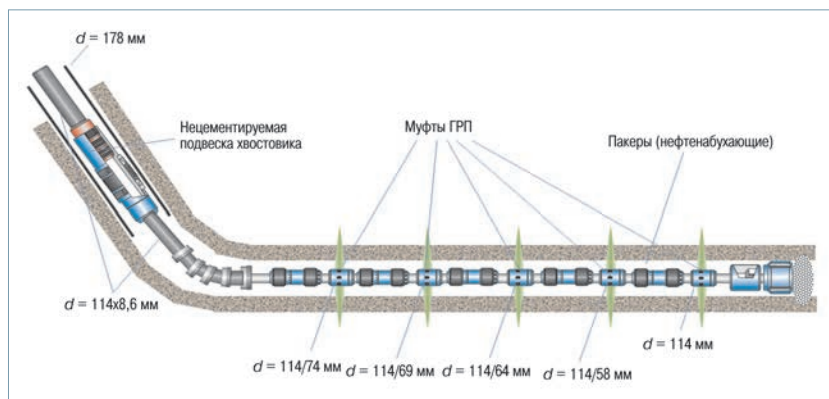


Рис. 1. Схема компоновки хвостовика с системой МГРП

торые впоследствии удаляются путем фрезеровки на колтюбинге.

Месторождения Западной Сибири и Поволжья, как правило, характеризуются низкими пластовыми давлениями и эксплуатацией скважин механизированным способом. Это не позволяет оценить продуктивность ГС в режиме установившегося отбора, что легко реализуется в случае фонтанных скважин. В связи с отмеченным промыслово-геофизические исследования (ПГИ) выполняются в межремонтные периоды после извлечения глубиннонасосного оборудования и глушения скважин. При этом существенно нарушается режим работы сква-

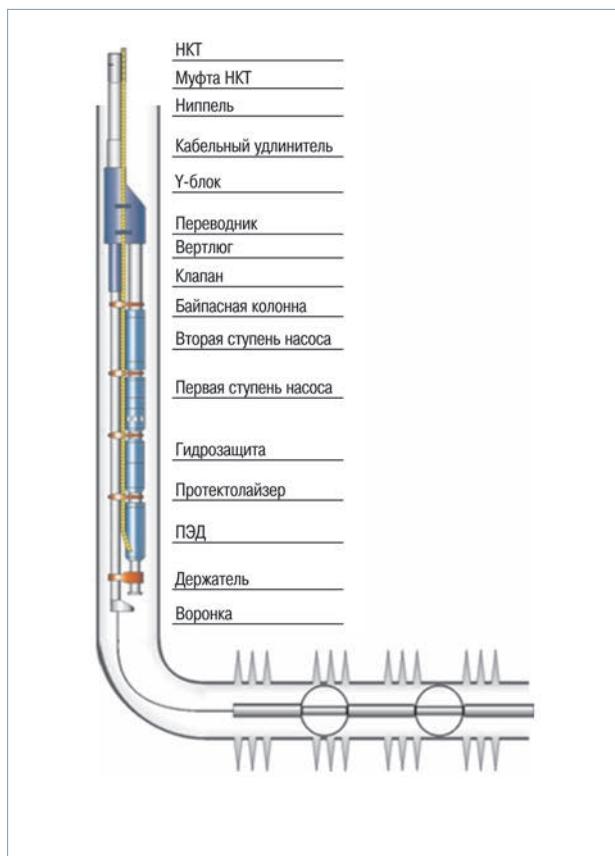


Рис. 2. Схема доставки оборудования в ГС на гибких НКТ через систему байпасирования с УЭЦН

жины и пласта, а создаваемая при ПГИ депрессия и дебит не соответствуют рабочему режиму, что может существенно снизить достоверность результатов исследований и привести к выполнению ошибочных мероприятий в скважине. Особенно остро данный вопрос стоит при исследовании действующих ГС.

Для устранения указанных ограничений может применяться технология ПГИ, при которой скважинная аппаратура спускается в горизонтальный ствол под установку электроцентробежного насоса (УЭЦН), например, байпасный способ освоения ГС (технология Y-tool). Технология предусматривает использование отклонителя подвески УЭЦН на трубах НКТ в комплексе с байпасной колонной, что позволяет доставлять геофизическое оборудование при помощи колтюбинга в горизонтальный интервал ствола скважины (рис. 2). Инновационной особенностью представленных байпасных систем является возможность проведения геофизических исследований в протяженных горизонтальных стволах при обеспечении стабильного отбора скважинной продукции посредством УЭЦН. Данная технология позволяет контролировать целостность конструкции ствола, а также выполнять мониторинг эффективности работы портов МГРП горизонтальных скважин. Проведение геофизических исследований в скважинах с горизонтальным окончанием при реализации технологии Y-tool дает возможность создать условия, максимально приближенные к режиму промышленной разработки месторождения, что положительно влияет на информативность результатов.

### Промысловое опробование технологии Y-tool

В июне–сентябре 2014 г. на месторождениях ООО «РН-Юганскнефтегаз» в трех скважинах с горизонтальным окончанием стволов, оборудованных системами МГРП, был проведен монтаж систем байпасирования с максимальным диаметром УЭЦН, равным 96 мм. Впоследствии в этих скважинах были выполнены геофизические исследования с целью выделения работающих интервалов в горизонтальном стволе и оценки эффективности МГРП.

*Скв. 1.* Конструкция скв. 1 состояла из эксплуатационной колонны диаметром 178/159,6 мм и компоновки хвостовика диаметром 114/96,8 мм. Длина горизонтального участка, оборудованного системой МГРП, составляла более 800 м и включала пять муфт ГРП. Работы по ГРП были проведены без отклонений от запланированных дизайнов ГРП. Однако после ввода скважины в работу отмечались заниженные отборы, что не было обусловлено геологическими характеристиками эксплуатируемого объекта. После монтажа и запуска УЭЦН с системой байпасирования период наработки до ПГИ составил около 60 сут и соответствовал запланированному режиму промышленной эксплуатации скважины при дебите 90 т/сут и обводненности менее 10 %.

Проведение комплекса геофизических исследований скважин (ГИС) в горизонтальном стволе позволило получить следующие данные.

1. Локализовано нарушение герметичности муфтового соединения колонны хвостовика по стволу на 100 м выше глубины расположения первой муфты ГРП.

2. Флюид в ГС представляет собой преимущественно нефть. Наблюдается незначительное повышение доли воды, скопившейся на нижних перегибах траектории ГС и в призабойной зоне.

3. Распределение температуры в ГС с учетом времени и направления регистрации показывает формирование термоаномалий разогрева в работающих интервалах пласта за счет эффекта Джоуля–Томсона. Интервалы поступления флюида в колонну через муфты ГРП проявляются за счет эффекта калориметрического смешивания.

4. По данным метода механической расходомерии (рис. 3) основной приток происходит через муфту ГРП № 4 и незначительные притоки – через муфты № 1, 2 и 3. При этом существенная доля притока приходится на место нарушения герметичности колонны хвостовика.

*Скв. 2* с момента ввода в эксплуатацию также имела низкий дебит – около 46 м<sup>3</sup>/сут при обводненности менее 10 %. Один из отличительных признаков этих скважин – наличие нижнего перегиба в интервале первой муфты ГРП и далее восходящий профиль горизонтального ствола к забою. При этом число муфт ГРП компоновки хвостовика было меньше на одну при сопоставимой протяженности горизонтального участка компоновки хвостовика, более 800 м. Период наработки между монтажом УЭЦН с системой байпасирования и проведением исследования составил около 56 сут стабильных непрерывных отборов скважинной продукции и соответствовал режиму промышленной эксплуатации в предыстории работы скважины.

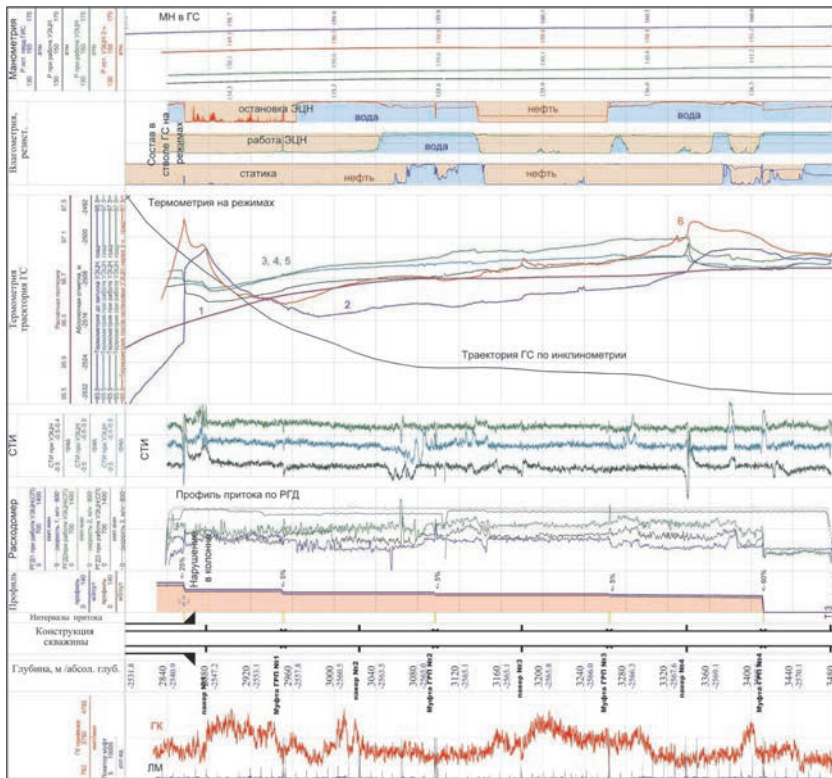


Рис. 3. Результаты комплексных исследований в горизонтальной скв. 1: термометрия: 1 – расчетная геотерма; 2 – статика; 3, 4, 5 – приток при работе УЭЦН; 6 – приток через 3 ч после остановки УЭЦН

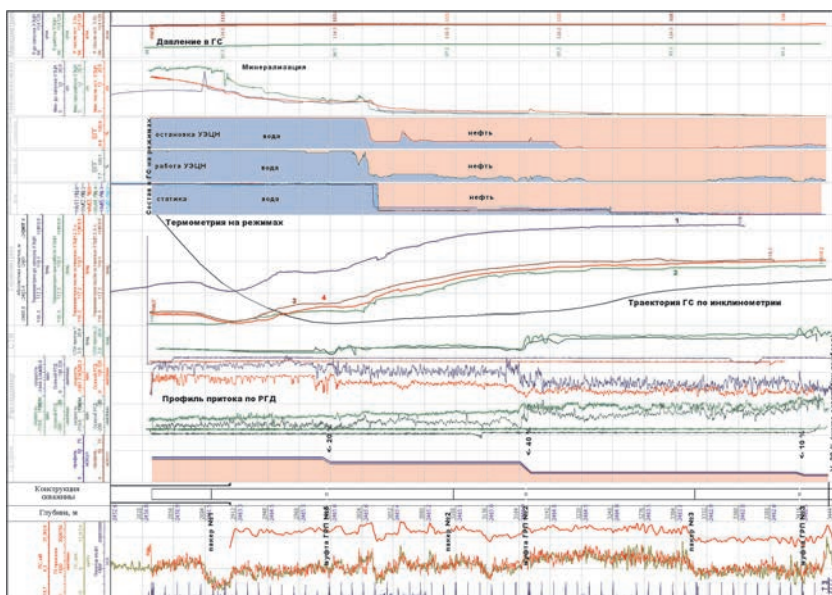


Рис. 4. Результаты комплексных исследований в горизонтальной скв. 2: термометрия: 1 – статика; 2 – отбор при работе УЭЦН; 3, 4 – отбор соответственно через 3 и 5 ч после остановки УЭЦН

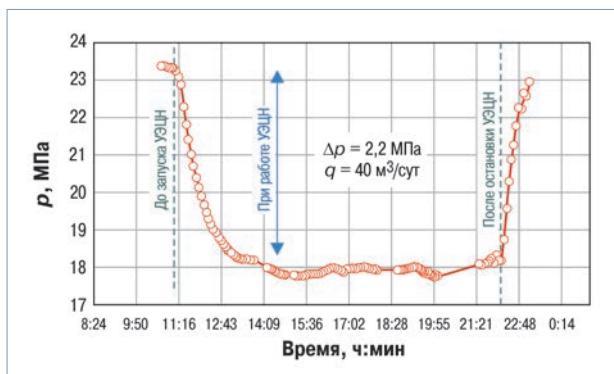


Рис. 5. Динамика давления  $p$  на глубине кровли пласта в процессе проведения замеров ( $q$  – дебит жидкости)

Проведение комплекса ГИС под действующим УЭЦН позволило получить следующие результаты.

1. В интервале нижнего перегиба горизонтального ствола как в статическом режиме, так и в режиме отборов отмечалось скопление пластовой воды, через этот интервал наблюдался приток углеводородов с низкой обводненностью.

2. По данным метода механической расходомерии (рис. 4) основной приток отмечается через муфту ГРП № 2, при этом муфты № 1 и 3 работают на приток слабее. Существенная доля притока приходится на интервал, не охваченный исследованием, находящийся ниже глубины прохождения прибора.

Скв. 3. С момента ввода в эксплуатацию с марта 2013 г. по скв. 3 отмечался высокий темп роста обводненности от начальной 16 до 93 % за 18 мес, при увеличении дебита от 65 до 360 т/сут, что нехарактерно для геолого-промысловых условий месторождения по целевому эксплуатационному объекту. Исследования выполнялись с применением скважинной аппаратуры производства фирмы «НИИД-50» с распределенными датчиками состава и традиционным набором методов. Смонтированная система байпасирования позволила выполнить комплекс ПГИ при депрессии около 6 МПа и дебите 250 м<sup>3</sup>/сут, что наиболее приближенно соответствовало режиму промышленной эксплуатации скважины (рис. 5).

По результатам исследований было установлено, что основной приток (70 %) приходится на две верхние муфты МГРП в зоне «пятки» горизонтального ствола (рис. 6). Приток через остальные муфты ГРП по реакции РГД либо отсутствовал, либо был незначителен. По результатам обработки показаний распределенных датчиков состава отмечался поток нефти по верхней образующей горизонтального

ствола за счет гравитационного расслоения в условиях низкого дебита. При больших расходах в интервалах верхних муфт ГРП отмечалась смена режима течения с ламинарного на турбулентный при формировании капельной формы течения нефти в несущем потоке воды. Это привело к кажущемуся увеличению содержания нефти в потоке и формированию обратных потоков по нижней образующей ствола скважины. Такое распределение скоростей потока по сечению ствола существенно искажает форму регистрируемых термограмм и работу датчика расходомера, что наблюдалось при сопоставлении замеров, выполненных при различных депрессиях.

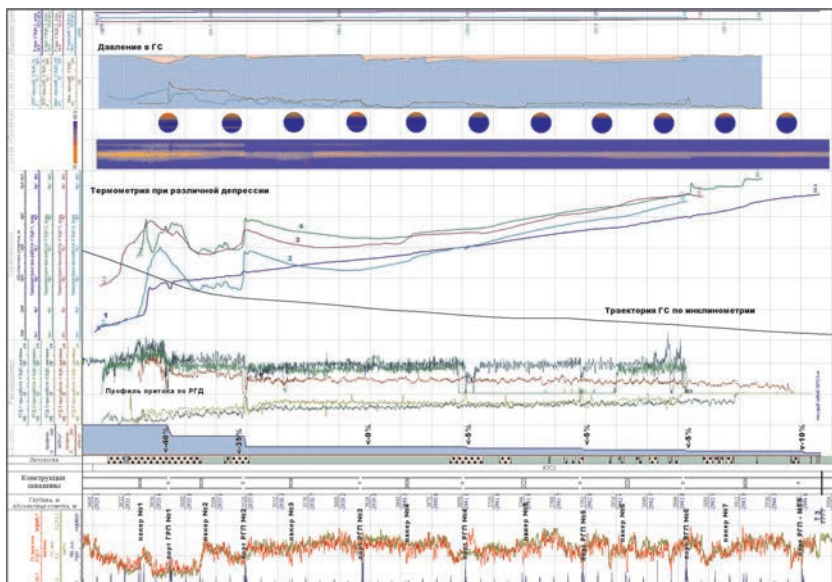


Рис. 6. Результаты исследований с объемным влагомером в горизонтальной скв. 3:  
1, 2, 3, 4 – кривые термометрии в режиме работы УЭЦН при различной депрессии

### Выводы

1. Комплекс геофизических исследований, выполненных в скважинах с горизонтальным окончанием с применением системы байпасирования путем спуска под УЭЦН скважинной аппаратуры на гибкой НКТ, впервые в России обеспечил решение практических задач контроля работы скважины и оценки технического состояния эксплуатационной колонны в условиях, приближенных к условиям промышленной эксплуатации скважины.

2. Рассмотренная технология позволяет проводить оперативный мониторинг работы скважин с целью выполнения последующих мероприятий по выравниванию профилей притока посредством повторной интенсификации притока либо изоляции обводненных интервалов горизонтальных стволов, оборудованных компоновками МГРП.

3. Примеры промысловых исследований показали успешное проведение исследований трех горизонтальных скважин с применением технологии байпасирования УЭЦН. Данная технология позволила выделить работающие интервалы, оценить состав притока и определить техническое состояние ГС длиной более 1000 м. Режим работы ГС в процессе исследования соответствует режиму промышленной эксплуатации, что положительно влияет на достоверность полученных результатов.

### Список литературы

1. Разработка критериев выделения работающих интервалов в низкодебитных горизонтальных скважинах на основе физического эксперимента и скважинных исследований/Р. Валиуллин, Р. Яруллин, А. Яруллин (и др.)//Российская техническая нефтегазовая конференция и выставка SPE по разведке и добыче, 2010 г. – М., октябрь 2010.
2. Особенности проведения промыслово-геофизических исследований действующих горизонтальных скважин на верхнечонском нефтегазоконденсатном месторождении/Р.А. Валиуллин, Р.К. Яруллин, Я.И. Гордеев, С.О. Маслов//Каротажник. – 2012. – Вып. 220. – С. 12–29.
3. Особенности геофизических исследований действующих горизонтальных скважин на поздней стадии эксплуатации нефтяных месторождений/Р.А. Валиуллин, А.Р. Яруллин, Н.К. Глебочева, А.Г. Тихонов//Каротажник. – 2010. – Вып. 190.
4. Опыт проведения геофизических исследований по определению профиля и состава притока в горизонтальных скважинах ООО «РН-Пурнефтегаз»/Р.В. Мурдыгин, Д.И. Ганичев, А.Г. Михайлов (и др.)// Нефтяное хозяйство. – 2010. – № 3. – С. 64–69.
5. Современные технологии геофизических исследований действующих горизонтальных скважин, применяемые на месторождениях РФ/Р.А. Валиуллин, Р.К. Яруллин, Р.Ф. Шарафутдинов, А.А. Садретдинов//Нефть. Газ. Новации. – 2014. – № 2. – С. 21–25.
6. Валиуллин Р.А., Яруллин Р.К. Особенности геофизических исследований действующих горизонтальных скважин//Вестник Академии наук Республики Башкортостан. – 2014. – Т. 19. – № 1. – С. 21–28.
7. Многодатчиковые технологии исследования горизонтальных скважин. Текущее состояние и опыт применения на месторождениях России/Р. Яруллин, Р. Валиуллин, Р. Шарафутдинов (и др.)//Российская техническая нефтегазовая конференция и выставка SPE по разведке и добыче 2010 г. – М., октябрь, 2014.

- А.А. Садретдинов//Нефть. Газ. Новации. – 2014. – № 2. – С. 21–25.
6. Валиуллин Р.А., Яруллин Р.К. Особенности геофизических исследований действующих горизонтальных скважин//Вестник Академии наук Республики Башкортостан. – 2014. – Т. 19. – № 1. – С. 21–28.
7. Многодатчиковые технологии исследования горизонтальных скважин. Текущее состояние и опыт применения на месторождениях России/Р. Яруллин, Р. Валиуллин, Р. Шарафутдинов (и др.)//Российская техническая нефтегазовая конференция и выставка SPE по разведке и добыче 2010 г. – М., октябрь, 2014.

### References