



# Опыт реализации инженерных решений по буровым растворам при строительстве горизонтальных скважин на Баженовскую свиту Пальяновской площади Красноленинского месторождения

**С.А. ЧЕРЕВКО,**  
заместитель генерального  
директора по строительству  
скважин  
ООО «Газпромнефть-Хантос»

**А.Ю. ХОМУТОВ,**  
начальник управления буровых  
и тампонажных растворов  
департамента по бурению  
и ВСП  
ООО «Газпромнефть НТЦ»

**А.В. КОРОЛЕВ,**  
генеральный директор

**П.Л. РЯБЦЕВ,**  
технический директор  
*pryabtsev@akros-llc.com*  
ООО «АКРОС»

*Во второй половине 2015 г. на Пальяновской площади Красноленинского месторождения компанией ООО «Газпромнефть-Хантос» реализован проект по строительству двух горизонтальных скважин на Баженовские отложения. При реализации проекта специалистами ООО «Газпромнефть-Хантос» совместно со специалистами «Газпромнефть-НТЦ» был реализован комплекс технических мероприятий, обеспечивший успешное бурение скважин. Разработка проекта включала в себя подбор оптимальных решений всех буровых работ – выбор оптимальных КНБК, подбор рецептур и параметров буровых растворов, оптимизацию процесса бурения на основе геомеханического моделирования и гидравлических расчетов. В статье приведен обзор решений и мероприятий по буровым растворам, разработанных совместно специалистами ООО «Газпромнефть-Хантос», ООО «Газпромнефть-НТЦ» и ООО «АКРОС», позволивших решить ряд сложных технических задач, возникающих при строительстве подобных скважин*

**Ключевые слова:** UNIDRIL, PRIMOSOL, системы буровых растворов, искусственное увеличение градиента гидроразрыва

## PROVEN DRILLING-FLUID ENGINEERING SOLUTIONS IN HORIZONTAL DRILLING IN BAZHENOV FORMATION, PALYANOV SECTION OF KRASNOLENINSKOYE FIELD

GazpromNeft- Khantos LLC completed drilling of two horizontal wells in Bazhenov formation during the second semester of 2015 in Palyanov section of Krasnoleninskoye field. The specialists of GazpromNeft-Khantos LLC and the experts of GazpromNeft R&D Center had introduced a number of technical actions that finally ensured the successful completion of the project. The project development included the selection of optimal solutions for the entire drilling process, incorporating the selection of optimal BHAs, drilling fluid parameters and compositions, and drilling process optimization, involving geomechanics and hydraulics simulations. This article provides a review of solutions and actions related to drilling fluids, proposed by the specialists of GazpromNeft-Khantos LLC, GazpromNeft R&D Center and AKROS LLC, which allowed to solve a variety of complicated technical issues arising from horizontal drilling.

**Keywords:** UNIDRIL, RIMOSOL, drilling fluids, Stress Cage approach

**К**огда приступали к разработке программы по буровым растворам для строительства горизонтальных скважин на Пальяновском месторождении, первым делом провели детальный анализ регионального опыта проводки скважин и определение основных технологических рисков при бурении.

По результатам проведенного анализа были определены следующие основные технологические вызовы, специфические для бурения горизонтальных скважин, на Баженовские отложения:

– определение оптимальной плотности бурового раствора при бурении транспортного ствола;

– предотвращение поглощений бурового раствора в результате высоких значений эквивалентной циркуляционной плотности при бурении транспортного ствола (ЭЦП);

– обеспечение стабильности горизонтального участка и безаварийного спуска хвостовика, оборудованного под проведение многостадийного ГРП.

Бурение скважин на Баженовские отложения на месторождениях ХМАО сопряжено с целым рядом технических сложностей, в первую очередь, с необходимостью обеспечения стабильности ствола. Эта задача приобретает особую важность в проектах, где разработка Ба-

**S. CHEREVKO,** Gazpromneft-Khantos LLC  
**A. KHOMUTOV,** Gazpromneft-NTC LLC  
**A. KOROLEV, P. RYABTSEV,** AKROS LLC



Бурение скважин на Баженовские отложения на месторождениях ХМАО сопряжено с целым рядом технических сложностей, в первую очередь, с необходимостью обеспечения стабильности ствола. Эта задача приобретает особую важность в проектах, где разработка Баженовских отложений планируется посредством строительства горизонтальных скважин.

аженовских отложений планируется посредством строительства горизонтальных скважин. Общеизвестно, что наибольшие трудности по обеспечению стабильности стенок возникают при необходимости проводки ствола через неустойчивые породы под зенитными углами свыше 30 градусов. В таких условиях при разработке программы промывки необходимо решить целый ряд технических задач для обеспечения безаварийного бурения.

При выборе бурового раствора необходимо:

- подобрать рецептуру, обеспечивающую стабильность стенок скважины на протяжении всего периода проводки интервала;
- выбрать оптимальные значения плотности бурового раствора на основании данных по опыту бурения скважин в регионе и геомеханического моделирования;
- на основании выбранной плотности, проектных реологических параметров бурового раствора и данных геомеханического моделирования проанализировать вероятность возникновения поглощений при бурении и предусмотреть мероприятия по их предотвращению и ликвидации.

С конца 2014 до середины 2015 г. на Пальяновской площади Красноленинского месторождения были пробурены две пологие скважины на Баженовскую свиту. Исходя из полученного опыта применения различных рецептов буровых растворов специалистами ОАО «Газпромнефть-Хантос» были предложены мероприятия по модификации рецептуры ингибированного бурового раствора на основе хлористого калия PRIMOSOL. Так, в рецептуру были добавлены обработки акриловыми полимерами, внедренные изменения рецептуры позволили повысить ТЭП бурения и стабильность параметров при загрязнении пластовыми флюидами (табл. 1).

Важным элементом мероприятий по повышению стабильности стенок скважины при строительстве транспортного ствола на Пальяновской площади Красноленинского месторождения стал выбор плотности бурового раствора. На основании геомеханических исследований которые проводились на Пальяновской площади специалистами Газпромнефть-Хантос было предложено увеличить плотность бурового раствора, что позволило значительно повысить стабильность ствола, обеспечить безаварийное бурения и провес-

ти работы по спуску обсадной колонны без осложнений. Этот пример еще раз подтверждает необходимость анализа устойчивости стенок скважины на основе геомеханического моделирования при строительстве скважины со сложным профилем. В табл. 2. приведены основные компоненты рецептуры буровых растворов и параметры которые поддерживались при бурении.

Учитывая необходимость поддержания высокой плотности бурового раствора при разработке программы промывки был проведен анализ риска возникновения поглощений. По результатам проведенного анализа были выявлены потенциальные риски и пласты, на которых возможно возникновение поглощений по причине высоких значений ЭЦП при бурении. Для исключения такого вида осложнений разработали специальный комплекс мероприятий по искусственному повышению градиента гидроразрыва (Stress Cage), основанный на установке специальных смесевых составов на основе графита и фракционированного карбоната кальция. В связи с тем, что на первой скважине при бурении транспортно-

UNIDRIL - это современная система бурового раствора, обратная эмульсия на основе минерального масла. Перед применением на месторождении система UNIDRIL исследовалась в лаборатории ООО «Газпромнефть-НТЦ», а по результатам исследования было получено положительное заключение и разрешение на применение раствора в поле.

Табл. 1. Рецептуры и параметры пресного и ингибированного буровых растворов

Рецептура – содержание основных реагентов				
Функция	Компоненты	кг(л)/м <sup>3</sup>	Полимерный хлоркалийевый PRIMOSOL до оптимизации	
			Компоненты	кг(л)/м <sup>3</sup>
Структурообразователь	Частично гидролизированный полиакриламид	1.5-2.5	Биополимер ксантановая смола	1-1.5
	Бентонит	20-30		
Понижитель фильтрации	Полиакрилат натрия	0.2-0.3	Полианионная целлюлоза	2-4
Кольматант	Карбонат кальция	60-80	Карбонат кальция	60-80
Ингибитор			Хлорид калия	30-40
Параметры бурового раствора				
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1.15-1.20		1.15-1.20	
Значения вискозиметра				
При 600 об/мин	38-47		51-53	
300 об/мин	24-30		34-37	
200 об/мин	14-21		23-27	
100 об/мин	7-12		15-18	
6 об/мин	4-7		6-7	
3 об/мин	3-4		4-4	
СНС 10сек	2-3		5-6	
СНС 10 мин	4-9		16-20	
Водоотдача, мл/30 мин	7		5-6	
pH	7.5-8		9.5-10	
МВТ, кг/м <sup>3</sup>	55-80		14-35	



Важным элементом мероприятий по повышению стабильности стенок скважины при строительстве транспортного ствола на Пальяновской площади Красноленинского месторождения стал выбор плотности бурового раствора. На основании геомеханических исследований которые проводились на Пальяновской площади специалистами Газпромнефть-Хантос было предложено увеличить плотность бурового раствора, что позволило значительно повысить стабильность ствола, обеспечить безаварийное бурения и провести работы по спуску обсадной колонны без осложнений.

го ствола данный подход не был реализован в полном объеме, были получены незначительные осложнения в виде поглощений бурового раствора. При бурении второй скважины заглазированная программа по применению этого подхода была реализована в полном объеме и позволила полностью предотвратить поглощения.

Для бурения интервала под хвостовик специалистами ООО «АКРОС» была предложена система UNIDRIL. UNIDRIL – это современная система бурового раствора, обратная эмульсия на основе минерального масла. Перед применением на месторождении система UNIDRIL исследовалась в лаборатории ООО «Газпромнефть-НТЦ», а по результатам исследования было получено

**Табл. 2. Оптимизированная рецептура и параметры раствора при бурении транспортного ствола горизонтальной скважины на Баженовские отложения**

Полимерный хлоркалийевый PRIMOSOL после оптимизации для бурения транспортного ствола		
Функция	Компонент	Кг/м <sup>3</sup>
Структурообразователь	Биополимер ксантановая смола	1.5-2
Понижитель фильтрации	Полианионная целлюлоза	2-4
Кольматант	Карбонат кальция	60-80
Ингибитор	Хлорид калия / Хлорид натрия	30-40
Инкапсулятор Стабилизатор	Полиакриламид	1.5-2
Параметры бурового раствора		
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1.27-1.46	
Значения вискозиметра		
При 600 об/мин	41-52	
300 об/мин	31-37	
200 об/мин	23-30	
100 об/мин	13-20	
6 об/мин	6-7	
3 об/мин	4-6	
СНС 10сек	5-7	
СНС 10 мин	15-22	
Водоотдача, мл/30 мин	<6	
pH	9.5-10	
МВТ, кг/м <sup>3</sup>	15-30	

положительное заключение и разрешение на применение раствора в поле. В табл. 3 приведены основные параметры бурового раствора и базовая рецептура. При подготовке к строительству скважины (программа промывки, в особенности под хвостовик) был проанализирован реологический профиль системы при различных температурах и определено оптимальное водонефтяное отношение и реологические параметры системы UNIDRIL с учетом рекомендованного безопасного окна плотностей, полученного в ходе геомеханического моделирования. В процессе бурения параметры бурового раствора поддерживались в заранее определенном диапазоне, что позволило минимизировать риск возникновения поглощений бурового раствора на основе минерального масла.

Интегрированный подход к разработке программы бурения, включающий подбор оптимальной долотной программы и КНБК, оптимизацию режимов бурения, подготовку и проработку программы промывки на строительство скважины, позволил успешно завершить строительство скважины спуском компоновки для многостадийного ГРП. Бурение скважины заняло 45 дней, что соответствует заложенному проектом значению.

Полученный опыт в области буровых растворов и соответствующие выводы позволят выделить перспективные подходы при строительстве горизонтальных скважин на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами:

- сервисы буровых растворов и реализация всех технических решений по были обеспечены российской строительной компанией;

- выбор плотностей буровых растворов должен быть подтвержден не только расчетами, исходя из величины минимально рекомендуемой репрессии на пласт, но и результатами расчета устойчивости ствола скважины, полученными в ходе геомеханического моделирования. Только на основании анализа этих составляющих можно принять решение по выбору оптимальной плотности бурового раствора, подобрать соответствующую рецептуру и параметры.

- на основании выбранной для реализации программы промывки необходимо проанализировать вероятность возникновения рисков по стабильности ствола скважины, с одной стороны, и возникновению поглощений с другой. Для предупреждения возникновения поглощений необходимо провести гидравлические

С конца 2014 до середины 2015 г. на Пальяновской площади Красноленинского месторождения были пробурены две пологие скважины на Баженовскую свиту. Исходя из полученного опыта применения различных рецептур буровых растворов специалистами ОАО «Газпромнефть-Хантос» были предложены мероприятия по модификации рецептуры ингибированного бурового раствора на основе хлористого калия PRIMOSOL.



**Табл. 3. Оптимизированная рецептура и параметры раствора на основе минерального масла при бурении горизонтального ствола**

Буровой раствор на основе минерального масла UNIDRIL		
Функция	Компонент	кг (л)/м <sup>3</sup>
Основа	Минеральное масло	550-600
	Раствор хлористого кальция	200-250
Структурные свойства	Пакет эмульгаторов	25-30
	Органофильный бентонит	8-10
Утяжелитель	Карбонат кальция	90-100
	Барит	500-550
Параметры бурового раствора		
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1.41-1.42	
Значения вискозиметра	При температуре 49С	
При 600 об/мин	60-73	
300 об/мин	33-43	
200 об/мин	21-33	
100 об/мин	13-22	
6 об/мин	5-9	
3 об/мин	4-8	
СНС 10сек	8-10	
СНС 10 мин	10-30	
Фильтрация ВТВД, мл/30мин		
Соотношение Масло/Вода	75-80/25-20	
Электростабильность, Вольт	600-750	

расчеты эквивалентной циркуляционной плотности и определить максимально допустимые значения по реологическим параметрам бурового раствора с учетом планируемых скоростей проходки и режимов бурения.

– перспективным направлением для предотвращения поглощений при строительстве скважин в терригенных отложениях, при необходимости поддержания

Интегрированный подход к разработке программы бурения, включающий подбор оптимальной долотной программы и КНБК, оптимизацию режимов бурения, подготовку и проработку программы промывки на строительство скважины, позволил успешно завершить строительство скважины спуском компоновки для многостадийного ГРП. Бурение скважины заняло 45 дней, что соответствует заложенному проектом значению.

высокой плотности бурового раствора является применение технологии «искусственного увеличения градиента гидроразрыва».

– применение ингибированного бурового раствора PRIMOSOL на основе хлористого калия с дополнительным использованием акриловых полимеров и правильным выбором плотности, позволяет обеспечить стабильность покрышки продуктивного пласта.

– применение раствора на основе минерального масла UNIDRIL обеспечило эффективный процесс бурения горизонтального участка и возможность спуска компоновки для многостадийного ГРП. ■