



# НОВЫЕ ПОДХОДЫ К БУРОВЫМ РАСТВОРАМ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

**С.В. ПОПОВ,**  
менеджер инновационной  
деятельности

**Р.М. САДЫКОВ,**  
ведущий инженер  
технологической службы

**И.А. СМIRНОВ,**  
руководитель  
технологической службы

ООО «АКРОС»  
info@akros-llc.com

г. Москва, 117485,  
Российская Федерация

**S.V. POPOV,  
R.M. SADYKOV,  
I.A. SMIRNOV**

AKROS LLC  
Moscow, 117485,  
Russian Federation

*В выборе буровых растворов существуют устоявшиеся принципы применения, определенные рецептуры растворов для различных типов скважин и набор методов предотвращения осложнений. Однако, в последние годы сервисные компании столкнулись с непрогнозируемым увеличением стоимости основных компонентов для приготовления буровых растворов – хлористого калия и ксантанового биополимера. Данные обстоятельства выявили необходимость разработки альтернативных подходов к приготовлению буровых растворов, обладающих набором необходимых технологических характеристик, при этом исключающих применение реагентов с «рисковыми» характеристиками с точки зрения закупочной стоимости, логистики, доступности в РФ.*

**Ключевые слова:** лабораторные исследования, бурение, эксплуатационные скважины, Западная Сибирь, буровые растворы, технологии, испытания

## NEW APPROACHES TO DRILLING FLUIDS AT THE WELLS DRILLING OPERATION IN WESTERN SIBERIA

In the selection of drilling fluids, there are well-established principles of use, certain solution formulations for various types of wells, and a set of methods for preventing complications. However, in recent years, service companies have been faced with an unpredictable increase in the cost of the main components for preparing drilling fluids - potassium chloride and xanthan biopolymer. These circumstances have revealed the need to develop alternative approaches to the preparation of drilling fluids that have a set of necessary technological characteristics, while excluding the use of reagents with «risky» characteristics in terms of purchase cost, logistics, and availability in the Russian Federation.

**Keywords:** laboratory research, drilling, production wells, Western Siberia, drilling fluids, technology, testing

### ВВЕДЕНИЕ

Геолого-технологические условия бурения эксплуатационных скважин на территории Западной Сибири являются достаточно полно изученными. На основании многолетней практики выработаны оптимальные технологические подходы, обеспечивающие наилучшие технико-экономические показатели строительства скважин. В выборе буровых растворов существуют устоявшиеся принципы применения, определенные рецептуры растворов для различных типов скважин и набор методов предотвращения осложнений.

Основным техническим решением в области буровых растворов при бурении горизонтальных скважин является применение полимерной минерализованной системы с использованием хлорида калия в качестве основного ингибитора гидратации глин, группы полимерных материалов (акриловые полимеры, полианионная целлюлоза) для регулирования показателя фильтрации и ксантанового биополимера для регулирования реологических показателей

раствора. Данный подход обеспечивает необходимые и достаточные эксплуатационные характеристики промывочной жидкости и в целом удовлетворяет региональным условиям бурения.

В период 2021–2022 гг. сервисные компании и рынок РФ в целом столкнулись с непрогнозируемым экспонентным ростом стоимости основных компонентов для приготовления буровых растворов – хлористого калия и ксантанового биополимера, обусловленным изменением курсов валют и ценовой политикой поставщиков. В некоторые периоды закупочная стоимость увеличивалась в 3–4 и более раз относительно стабильного периода цен 2015–2020 гг. Находясь в условиях заключенных многолетних контрактов без возможности пересмотра договорных расценок на материалы компании, оказывающие сервисные услуги по буровым растворам, оказались в этот период в сложной экономической ситуации.

Данные обстоятельства выявили необходимость разработки альтернативных



подходов к приготовлению буровых растворов, обладающих набором необходимых технологических характеристик, при этом исключающих применение реагентов с «рисковыми» характеристиками с точки зрения закупочной стоимости, логистики, доступности в РФ.

**ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В основу нового подхода были заложены следующие принципы: отказ от применения хлорида калия, максимальное снижение концентрации биополимера с возможной последующей заменой его альтернативным структурообразователем. При этом требования к новой системе остались типовые – обеспечение стабильности открытого ствола до спуска обсадной колонны, низкая «наработка» выбуренной породы, эффективный вынос шлама, стоимость применения системы – на уровне текущих технических решений.

В результате первого этапа лабораторных исследований по подбору состава раствора было определено, что применение так называемых жидких «органических» ингибиторов не приводит к удовлетворительным результатам и не обеспечивает совокупности требуемых технологических показателей в рамках ограниченного бюджета.

Основным компонентом новой системы стал разработанный компанией «АКРОС» реагент, получивший коммерческое наименование UNISTAB®. Реагент представляет собой ингибитор глин в сухой сыпучей товарной форме. В продукте использованы схожие с классическими принципы ингибирования активных глин аминокетонами, однако концентрация функциональных групп, взаимодействующих с активными глинами, значительно превышает концентрацию аминокетонных групп в базовых жидких «органических» ингибиторах. Дополнительным свойством продукта является функция стабилизации активной выбуренной породы, что предотвращает рост реологических параметров по мере «наработки» бурового раствора.

**Табл. 1. Рецепт борового раствора**

Последовательность ввода	Наименование реагента	Функция реагента	Концентрация
1	Вода		900
2	Бентонит ПБМА	Структурообразователь	25
3	MEX-PAC LV®	ПАЦ, регулятор фильтрации	6
4	MEX-PAN®	Понизитель фильтрации	2
5	MEX-GUM S®	Структурообразователь	2,5
6	UNISTAB®	Ингибитор	20
7	MEX-ASR	Асфальтен, ингибитор	10
8	ГАЛИТ (NaCl)	Утяжелитель	180
9	MEX-CARB F/M®	Кольматант	100 (50/50)
10	MEX-WSP	Ингибирующий комплекс	12,86
11	БАРИТ	Утяжелитель	200
12	MEX-LUBE®	Смазка	30

В качестве второго основного компонента системы было решено использовать хлорид натрия, обеспечивающий ингибирование по принципу выравнивания осмотического давления и утяжеление бурового раствора.

**ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ**

Перед опытно-промышленным применением система на основе реагента UNISTAB® прошла аккредитацию в лаборатории.

Буровой раствор был заготовлен по рецептуре, указанной в табл. 1.

В табл. 2 отображены параметры бурового раствора, полученные в ходе лабораторных испытаний.

**Табл. 2. Параметры бурового раствора**

До термостатирования	Плотность			После термостатирования	Плотность		
		1,32 г/см³				1,34 г/см³	
Время	час			Время	16 час		
Температура	24 °C	49 °C	85 °C	Температура	24 °C	49 °C	85 °C
СНС 10 сек lbs/100ft²	11	10	9	СНС 10 сек lbs/100ft²	10	8	7
СНС 10 мин. lbs/100ft²	16	15	11	СНС 10 мин. lbs/100ft²	14	12	9
Ус. вязкость	82	-	-	Ус. вязкость	-		
Пл. вязкость	33	23	15	Пл. вязкость	34	23	17
ДНС lbs/100ft²	43	32	31	ДНС lbs/100ft²	39	30	25
LSRV 1 мин.	36800	29900	31000	LSRV 1 мин.	33700	19600	19000
2 мин.	38200	32000	32800	2 мин.	37200	20700	20100
3 мин.	39800	33300	33600	3 мин.	39500	22500	21000
Водоотдача LTLP, см³/30мин.	5,2			Водоотдача LTLP, см³/30 мин.	5,0		
Коэффициент трения	0,153			Коэффициент трения	0,147		
pH	9,1			pH	8,0		
Плотность верх/низ после термостатирования	1,32/1,35 (0,03 г/см³)						



Заготовленный буровой раствор обладает высокими реологическими характеристиками, что позволяет обеспечивать высокую степень очистки ствола скважины от выбуренной породы, а также позволяет поддерживать частицы во взвешенном состоянии при длительных простоях или ремонтных работах.

**ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ**

Объектом испытаний была выбрана типовая скважина на месторождении Западной Сибири, что обусловлено сложностью бурения в условиях нестабильных пород (неустойчивых аргиллитов) Васюганской свиты, расположенных в кровельной части продуктивных пластов группы ЮВ.

Общие данные по скважине приведены в табл. 3.

Табл. 3. Общие данные по скважине

Глубина кровли пласта по вертикали, м	2720,27
Отклонение от вертикали от устья	
На точку входа, м	1588,1
Магнитный азимут от устья	
на точку входа, °	110,63
Магнитное склонение, °	15,1
Сближение меридианов, °	-0,77
Общая поправка на картограф (Grid) азимут, °	15,87
Глубина вертикального участка, м	185
Глубина кондуктора по вертикали, м	700
Радиус круга допуска, м	75
Альтитуда стола ротора, м	69,27
Магнитный азимут мостков, °	346,17
Плановый DDI на Т1	5,995
Плановый DDI на Т3	6,358

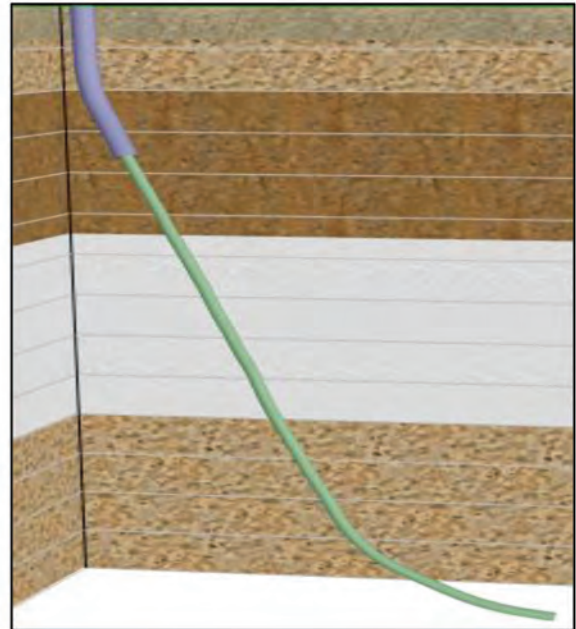


Рис. 1. 3D профиль скважины

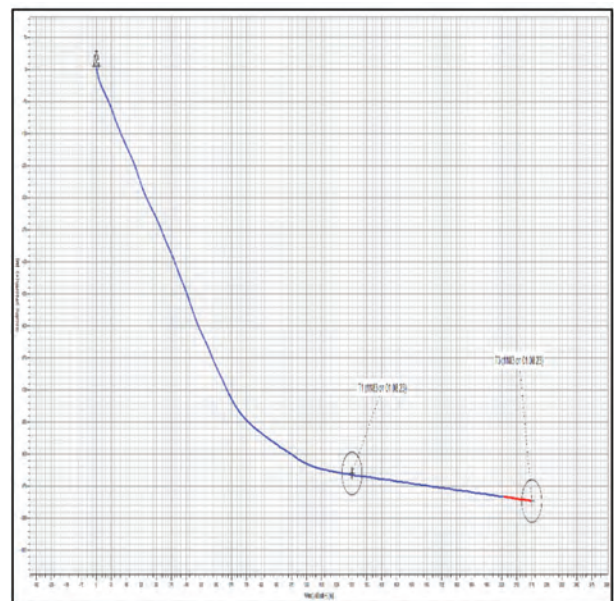


Рис. 2. 3D профиль скважины

На рис. 1, рис. 2 изображен 3D профиль скважины.

Для бурения секции под ЭК-168 мм на точку Т1 был заготовлен минерализованный буровой раствор на основе соли NaCl + ингибитор UNISTAB®. Концентрация ингибитора UNISTAB® поддерживалась не менее 25 кг/м³ на протяжении всего интервала бурения. Перед вскрытием нестабильных пород Васюганской свиты буровой раствор в циркуляции был обработан стабилизирующим комплексом на основе гильсонита, растворенного в полигликоле, перед спуском ЭК-168 мм были установлены укрепляющие пакки.

В процессе бурения, в зависимости от необходимых геологических условий, параметры бурового раствора соответствовали значениям, приведенным в табл. 4.

В ходе бурения интервала под эксплуатационную колонну отмечался более активный (относительно подобных скважин) вынос выбуренной породы на поверхность. Бурение интервала 735 м – 2400 м (1600 метров проходки) производилось в одно долбление. С глубины



Табл. 4. Параметры бурового раствора

Параметры API	Требования программы промывки для интервала бурения	Вновь приготовленного (обработанного до начала бурения)	Параметры раствора при бурении интервала	По окончании бурения интервала
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,10-1,34	1,10	1,10-1,34	1,34
Ус. вязкость (API), сек/л	38-65	40	42-64	64
Пластическая вязкость, сП	8-35	8	8-29	29
ДНС (API), фунт/100 фут <sup>2</sup>	8-35	9	9-34	34
СНС 10 сек / 10 мин., фн/100 фут <sup>2</sup>	2-15/3-30	3/9	3-15/8-30	14/29
Фильтрация (API), см <sup>3</sup> /30 мин.	≤6-7,5	6,0	4-6	5,4
Содержание песка, %	<1-0,5	0,5	0,25-0,5	0,25
pH	9,5-11	11,0	7-10	9,5
МВТ, кг/м <sup>3</sup>	<49	7	7-49	35
Содержание смазки, %	0-3	-	0-3,5	3,5
Содержание Cl, г/л	≥70000	21000	20000-80000	78000
Жесткость (эквив. Са <sub>2</sub> <sup>+</sup> ), мг/л	≤400	200	200-280	280
Содержание карбоната кальция, кг/м <sup>3</sup>	≥20-100	59	20-130	120

Изменение содержания коллоидной фазы (МВТ) в процессе бурения



Рис. 3. Содержание коллоидной фазы МВТ

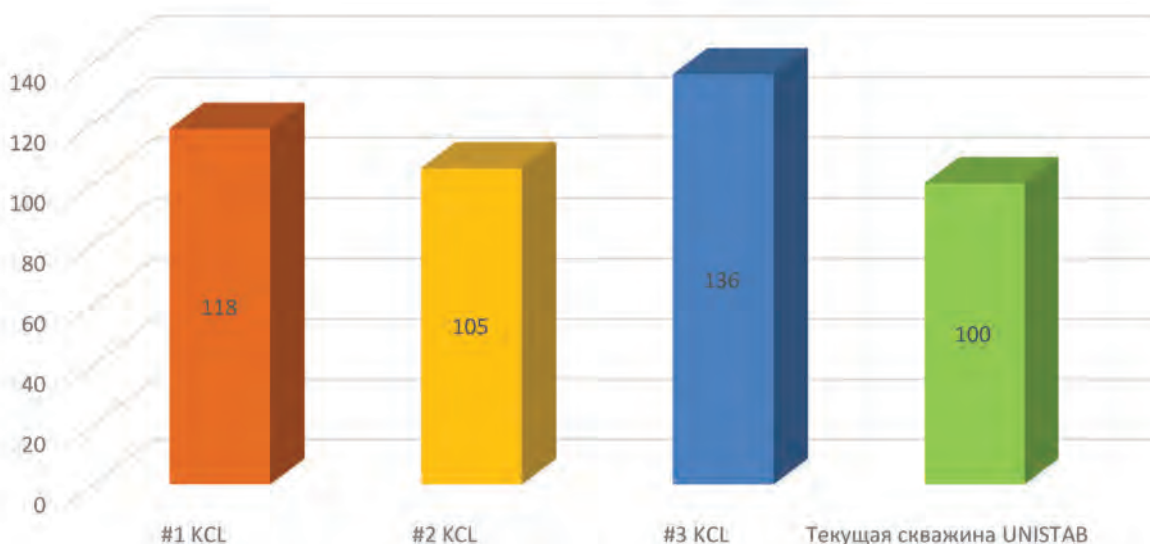


Рис. 4. Сравнительная стоимость бурового раствора в пробуренном интервале по скважинам на КП

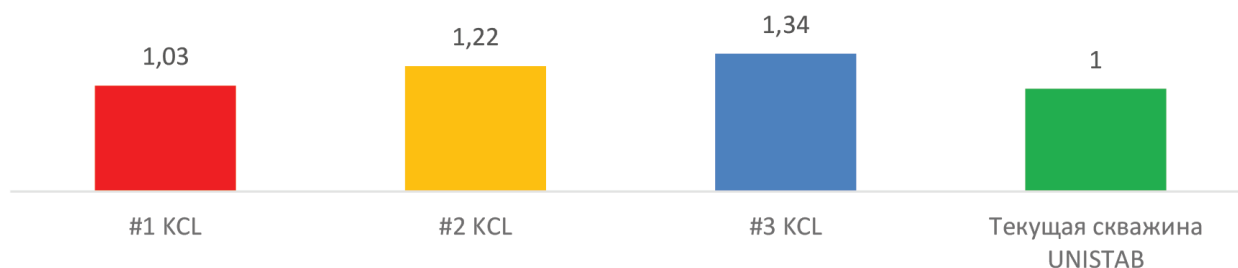


Рис. 5. Сравнительная стоимость 1 метра проходки

2400 м произвели подъем КНБК в башмак предыдущей обсадной колонны (245 мм) с целью проведения ремонтных работ. Средние механические скорости составили:

735 м – 1456 м: 133 м/час.;

1456 м – 1843 м: 66 м/час.;

1843 м – 2400 м: 60 м/час.

При дальнейшем бурении также отмечалось штатное проведение спускоподъемных операций. Отсутствие критичных отклонений при СПО обуславливается высокими реологическими характеристиками бурового раствора и его ингибирующими свойствами, которые были достигнуты вследствие применения реагента UNISTAB®. Фильтрационная корка на протяжении бурения интервала сохраняла свою упругость и прочность.

Удалось добиться 100 % исключения хлорида калия без потери качества проводки скважины и эффективности ингибирования выбуренной породы. Концентрация биополимера в растворе снижена относительно среднего расхода на сопоставимых скважинах. Сохраняется потенциал дальнейшего снижения концентрации.

В сравнении с подобными скважинами, применение реагента UNISTAB® позволило добиться более высоких реологических характеристик, при более низких коэффициентах тиксотропии, а также снижение наработки бурового раствора мелкодисперсной коллоидной фазой.

Содержание коллоидной фазы MBT показано на рис. 3.

Показатели коллоидной фазы в процессе бурения с применением реагента UNISTAB® достигали более низких, либо приближенных значений, которые удавалось добиться при бурении с хлоридом калия.

Сравнительная стоимость бурового раствора в пробуренном интервале по скважинам на КП, %, а также сравнительная стоимость 1 метра проходки, показана на рис. 4. и рис. 5.

За единицу отсчета взята стоимость одного метра проходки с применением системы UNISTAB®.

## Выводы

Компанией «АКРОС» были проведены испытания системы РВО UNISTAB® в качестве альтернативы хлоркалийевым буровым растворам при бурении под интервал ЭК-168мм со вскрытием неустойчивых аргиллитов.

Проводка скважины осуществлена без осложнений, спуск ЭК-168 мм в штатном режиме, достигнуты цели проведения ОПИ по исключению из рецептуры бурового раствора хлорида калия как основного ингибитора, снижено потребление ксантанового биополимера при сохранении текущего уровня безаварийности работ и сокращена стоимость бурового раствора за интервал.