

## Технологии ООО НПП «БУРИНТЕХ» для бурения в сложных геологических условиях



Г.Г. Ишбаев



Р.Р. Ишбаев



Д.В. Петров



С.С. Ложкин



Е.Г. Гайнетдинова



Т.Р. Латыпов

ENG

**Г.Г. Ишбаев**, д.т.н., проф.

**Р.Р. Ишбаев**, к.т.н.,

**С.С. Ложкин**, к.х.н.,

**Д.В. Петров**,

**Е.Г. Гайнетдинова**,

**Т.Р. Латыпов**,

/ООО НПП «БУРИНТЕХ», г. Уфа/

IshbaevRR@burintekh.com

Lozhkin@burintekh.com

PetrovDV@burintekh.com

Gainetdinovaeg@burintekh.com

LatipovTR@burintekh.com

### Application of "BURINTEKH", Scientific and production enterprise, LLC Procedures and Drilling in Challenging Geological Conditions

G.G. Ishbayev, DSc, Prof., R.R. Ishbayev, PhD,

S.S. Lozhkin, PhD, D.V. Petrov,

E.G. Gainetdinova, T.R. Latypov

/"BURINTEKH", Scientific and production  
enterprise, LLC, Ufa/

One of the main challenges while drilling a well is the absorption of flushing fluid as well as narrowing and collapsing of well-bore walls. All this can significantly increase the time and cost of well construction. The article describes modern procedures used to resolve these problems. Depending on the nature and intensity of absorption, the variety of procedures presented, each of which has its own advantages, helps to control effectively the absorption at almost the entire stage of well construction.

**KEY WORDS:** well construction, control of flushing fluid loss, catastrophic losses while drilling, drill mud, BIT-Cem-Fix thixotropic squeeze material, BIT-Plug plugging material, Bit-SBC polymer two-component composition, "Valkyria" multifunctional additive to drilling fluids

Одними из основных осложнений при бурении скважин являются поглощения промывочной жидкости, а также сужения и обвалы стенок скважины. Все это может значительно увеличить время и стоимость строительства скважин. В статье описаны современные технологии по решению данных проблемы. В зависимости от природы и интенсивности поглощения, разнообразие представленных технологий, у каждой из которых есть свои преимущества, помогает эффективно бороться с поглощениями практически на всем этапе строительства скважин.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** строительство скважин, борьба с поглощениями промывочной жидкости, катастрофические поглощения при бурении, буровые растворы, тиксотропный тампонажный материал BIT-Cem-Fix, кольматирующий материал BIT-Plug, полимерный двухкомпонентный состав BIT-SBC, полифункциональная добавка для буровых растворов «Валькирия»

При строительстве нефтяных и газовых скважин сложность бурения часто обусловлена наличием в породе каверн, трещин и различных пустот, которые приводят к поглощениям промывочной жидкости, либо интервал может быть сложен обвалоопасными глинистыми породами, которые усложняют бурение и спуск колонн.

Вопрос борьбы с поглощениями остается актуальным по сегодняшний день, несмотря на обилие представленных на рынке технологий и материалов. В случае катастрофических поглощений, наличия больших каверн и пещер применяются дорогостоящие технологии, которые не всегда бывают эффективны. Зачастую это связано с тем, что узконаправленную технологию, эффективную в одних условиях, применяют там, где она будет непригодна.

Имея большой опыт сервисного сопровождения буровых растворов и ликвидации поглощений технологических жидкостей, специалисты компании ООО НПП «БУРИНТЕХ» (рис. 1) разработали и внедрили несколько технологий для ликвидации поглощений, каждая из которых обладает собственными преимуществами и показывает высокую эффективность в широком диапазоне применения.

Несомненным плюсом является наличие собственной производственной базы и исследовательской лаборатории. Благодаря этому качество материалов, а в конечном итоге и эффективность их применения остаются на высоком уровне. Входной контроль проходит каждый компонент по отдельности и в составе готового материала, а также проводится постоянная работа по улучшению представленных технологий для расширения диапазона применения каждого из материалов.

**Для борьбы с катастрофическими поглощениями, в том числе без выхода циркуляции, и наличием провалов инструмента разработан тампонажный состав ВIT-Sem-Fix, проявляющий тиксотропные свойства.**

Применение тиксотропного тампонажного материала ВIT-Sem-Fix позволяет доставить тампонажный раствор, достигший высокой консистенции, до поглощающего интервала. Имея высокую консистенцию, свыше 60–80 Вс, раствор не может уйти глубоко в поглощающий пласт даже при условии наличия пещер и крупных каверн. Основная проблема – невозможность прокачки материала высокой консистенции через стандартное оборудование для цементации. Для решения этой проблемы как раз применяется явление тиксотропии. Это позволяет доставить состав до поглощающего интервала, а затем выдавить из инструмента в виде густой нетекучей массы, которая остается в заданном интервале и образует цементный камень.

При постоянном механическом воздействии раствор материала ВIT-Sem-Fix имеет оптимальные консистенцию и пластическую вязкость, что позволяет прокачать его на любую глубину скважины.

После кондиционирования раствора, его последующей продавки до заданного интервала и технологической паузы (раствор все еще остается в инструменте) происходит резкий рост консистенции до значений, не превышающих 70–80 Вс (рис. 2).

При возобновлении механического воздействия на раствор (продавка раствора из инструмента) происходит снижение консистенции (рис. 3). На границе «стенка трубы – тампонажный раствор» происходит разжижение, что позволяет выдавить густой раствор ВIT-Sem-Fix из инструмента.

Проблема поглощений промывочных жидкостей может наблюдаться на протяжении всего этапа бурения. В связи с этим тиксотропный тампонажный материал ВIT-Sem-Fix разработан для широкого спектра применения при различных температурах и давлениях. Для температур от 0 до 25 °С создан материал ВIT-Sem-Fix марки PF. Данный материал предназначен для применения



Рис. 1. Специалисты компании ООО НПП «БУРИНТЕХ»

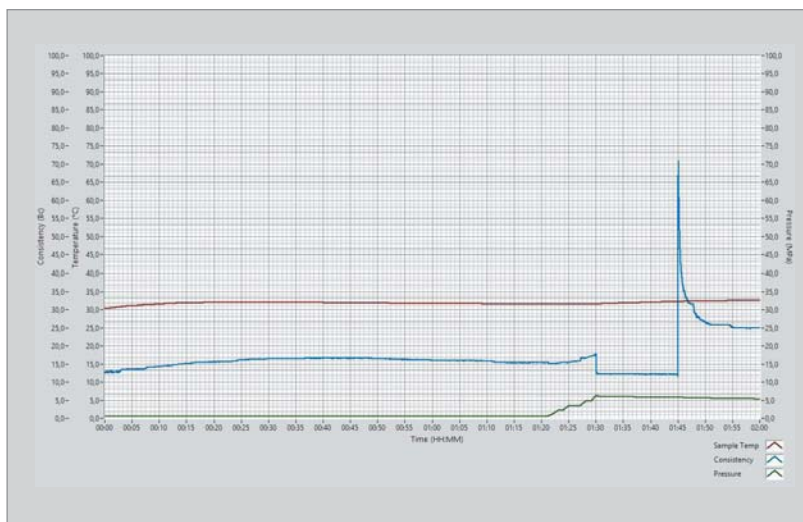


Рис. 2. Консистенция раствора «ВIT-Sem-Fix» до и после технологической паузы



**Рис. 3.** Раствор материала BIT-Cem-Fix до и после механического воздействия:

а – сразу после кондиционирования (90 мин); б – после технической паузы 15 минут; в – после паузы 15 минут и последующего перемешивания

в многолетнемерзлых породах. Для средних температур от 25 до 50 °С используется материал BIT-Cem-Fix марки NT.

В общем виде технология применения выглядит следующим образом. Раствор материала заготавливается и кондиционируется (перемешивается) в течение 60–90 минут в стандартном цементировочном оборудовании, после чего раствор доставляется до поглощающего интервала. Раствор оставляется в инструменте и делается техническая пауза для увеличения консистенции раствора. Затем следует продавка раствора из инстру-

мента в зону поглощения. За счет своей структуры состав равномерно заполняет поглощающий интервал, ликвидируя поглощение.

Отличительной особенностью материала BIT-Cem-Fix является широкий интервал времени, в котором имеют место тиксотропные свойства (рис. 4), в силу чего не требуется четкого соблюдения времени проведения операции с точностью до минуты, как это бывает у быстросхватывающихся смесей. Тем самым снижается риск цементирования оборудования и инструмента.

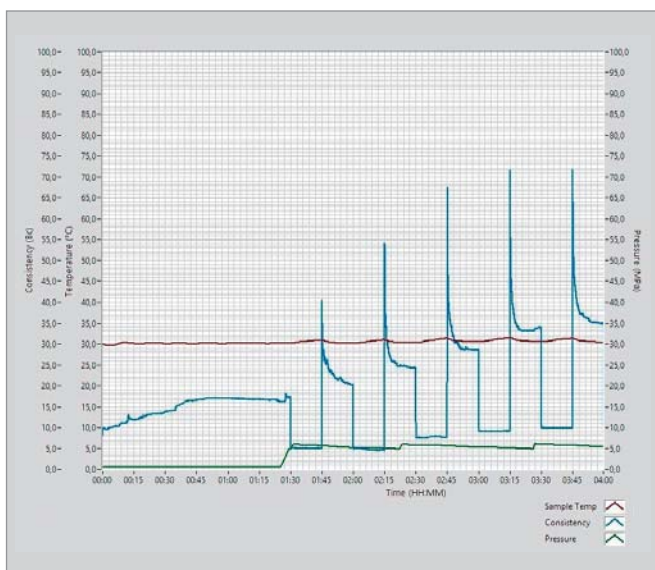
Расход материала относительно невелик в связи с высоким водоцементным соотношением. В зависимости от марки материала водоцементное соотношение (В/Ц) варьируется от 0,66 до 0,9 (табл. 1).

Для применения материала на месторождениях требуется стандартный флот для цементирования скважин.

Также стоит отметить, что состав после ОЗЦ достаточно прочно держится в зоне поглощения, не вымываясь за счет циркуляции бурового раствора и оставаясь легко разбуриваемым материалом для стандартного породоразрушающего инструмента.

**В условиях, когда бурение осложнено наличием в породе большого количества каверн и трещин, а провалы инструмента и водопроявления не наблюдались, ликвидировать поглощение промывочной жидкости поможет кольматирующий материал BIT-Plug.**

Была поставлена задача разработать универсальный состав с возможностью применения в различных геологических условиях, который будет отвечать следующим требованиям:



**Рис. 4.** Консистенция раствора BIT-Cem-Fix с проведением технологических пауз в разные интервалы времени

**Таблица 1**  
Характеристики тиксотропного тампонажного материала BIT-Cem-Fix

Температура скв., °С	Марка тампонажного материала BIT-Cem-Fix	Водоцементное соотношение, В/Ц	Минимальное время кондиционирования, мин	Время технической паузы для увеличения консистенции, мин	Прочность ч/з 2 сут. на изг/сж, МПа
0–25	PF	0,66	60	30	1,3 / 3,5
25–40	NT	0,8	90	15	
40–50		0,9	60	10	



Рис. 5. Кольматирующий материал BIT-Plug



Рис. 6. Стенд для тестирования и демонстрации кольматирующей способности

- долгий срок жизни раствора после приготовления, что позволит заготавливать его заранее и сократить время операций;

- простота приготовления в условиях буровой, свойства состава не должны зависеть от воды затворения (рН, минерализации) и температурных условий;

- простота использования: низкая вязкость, легкая прокачиваемость различным доступным оборудованием;

- возможность отказаться от последующей установки цементного моста.

По заданным параметрам разработан и успешно применяется кольматирующий материал BIT-Plug, который имеет высокую водоотдачу, что позволяет закупоривать трещины и каверны, оставляя непроницаемую плотную корку в зоне поглощения.

BIT-Plug представляет собой порошкообразное сухое вещество (рис. 5), состоящее из органо-минеральных компонентов и кольматантов.

При разработке данного материала были проанализированы такие свойства компонентов, как фракционный состав частиц, их жесткость, плотность, седиментационная устойчивость, волокнистость, а также кислоторастворимость и экологическая безопасность.

Благодаря грамотной комбинации различных наполнителей и кольматантов был получен раствор с высокой закупоривающей способностью и фильтрацией, превышающей 1000 мл/30 мин (при 0,7 МПа).

Как показывает практика, растворы с высокой фильтрацией обладают высоким показателем водоотделения, что может привести к преждевременному расслоению раствора в инструменте. В конечном итоге это может закончиться закупориванием буровых труб и выводом их из строя. Специалисты ООО НПП «БУРИНТЕХ» добились того, что раствор BIT-Plug обладает отличной седиментационной устойчивостью.

Одна из проблем большинства растворов подобного типа: после того как кольматирующий материал закачан в пласт, при циркуляции бурового раствора корка кольматирующего материала размывается. Для ее закрепления чаще всего устанавливают цементный мост или выполняют обработку специальным отвердителем. Материал BIT-Plug не требует дополнительных мероприятий по цементации. Однако предусмотрено дополнительное закрепление корки раствора BIT-Plug, которое позволяет повысить его прочность и снизить проницаемость, хотя даже без этой процедуры он не размывается в процессе дальнейшей циркуляции бурового раствора.

В процессе лабораторных и промышленных испытаний разработано две модификации BIT-Plug: марка F и марка M. Для анализа эффективности оба материала проверялись на кольматирующую способность на макетах трещиноватой породы, которые представляют собой отверстия различной величины (от 5 до 30 мм), а также на стенде, изготовленном на предприятии «БУРИНТЕХ» специально для демонстрации возможностей данного материала (рис. 6).

В BIT-Plug марки M различные добавки для закупоривающей способности и отверждения подобраны таким образом, что позволяют эффективно ликвидировать поглощение технологических жидкостей в крупнопористых и крупнотрещиноватых пластах интенсивностью от 30 м<sup>3</sup>/ч и выше. В условиях, когда поглощение ниже 30 м<sup>3</sup>/ч, более эффективен BIT-Plug марки F – за счет более глубокого проникновения в пласт и меньшей вероятности его вымывания. При приготовлении растворов BIT-Plug плотность можно варьировать от 1,05 до 1,40 г/см<sup>3</sup> (табл. 2). Расход материала зависит от интенсивности поглощения и составляет в среднем от 3 до 7 т на одну скважинную операцию.

Таким образом, разработанная технология заключается в закачке в скважину раствора кольматирующего материала, из которого, при минимальном перепаде давления и наличии трещиноватой породы, жидкость легко уходит в пласт, оставляя плотную непроницаемую корку в зоне поглощения (рис. 7).

В дальнейшем корка не размывается и позволяет продолжить бурение без дополнительных процедур по установке цементных мостов, что значительно экономит время строительства скважины и, как следствие, стоимость работ.

**Таблица 2**  
**Основные свойства кольматирующего материала BIT-Plug**

	Марка F	Марка M
Интенсивность поглощения, м <sup>3</sup> /ч	10–30	> 30
Плотность раствора, г/см <sup>3</sup>	1,05–1,40	1,12–1,40
Концентрация водного раствора, %	16	28
Закрепление корки	Не требуется	
ПФ*, за 30 мин, при 7 МПа, мл	1200	700
ВО*, 2 часа, мл	2	2

\* ПФ – показатель фильтрации; ВО – водоотделение



**Рис. 7.** Корка кольматирующего материала BIT-Plug марки M после тестирования на стенде производства ООО НПП «БУРИНТЕХ»

Несмотря на все плюсы материала BIT-Plug, есть ограничения при его применении, основными из которых являются наличие провалов инструмента, больших пещер, а также интенсивных рапо- и водопроявлений.

**Для ликвидации поглощений промывочных жидкостей при наличии указанных ограничений компанией ООО НПП «БУРИНТЕХ» разработан и успешно применяется полимерный двухкомпонентный состав BIT-SBC.**

Технология применения BIT-SBC заключается в последовательной закачке в скважину двух компонентов тампонирующей смеси, ко-

торые, перемешиваясь в зоне поглощения, образуют твердую субстанцию (**рис. 8**), закупоривающую поры, щели и отверстия различной величины.

Технология BIT-SBC обладает рядом достоинств:

- компоненты смешиваются при выходе из трубного пространства непосредственно в скважине, что исключает затвердевание на поверхности либо в буровом инструменте;
- время процесса отверждения после смешения составляет 10–60 секунд, и его достаточно, чтобы закупорить даже большие зоны поглощения;
- хорошая адгезия как к песчаникам, так и к карбонатным породам;
- широкий температурный диапазон применения;
- возможность работ с различной интенсивностью поглощения;
- низкая стоимость технологии.

Оба компонента технологической жидкости поставляются на буровую в виде концентратов, которые доводятся до необходимых эксплуатационных показателей и объемов в цементировочных агрегатах или стационарных емкостях. После приготовления всех пачек состав поочередно (отвердитель – разделительный буфер – основной компонент – разделительный буфер – отвердитель и т.д.) закачивается в скважину (**рис. 9**), при выходе из инструмента компоненты перемешиваются, практически сразу образуя густую субстанцию, которая за счет своей высокой адгезии к различным породам и скорости отверждения задерживается внутри поглощающего пласта, тем самым закупоривая его.

Использование композиции, затвердевающей только при смешении компонентов в заданном интервале, позволяет решать следующие задачи: избежать случайного отверждения в инструменте и на поверхности, а также повысить эффективность применения состава, так как при высокой интенсивности поглощения медленно отверждающиеся составы уходят далеко в пласт, теряя свою функциональность.

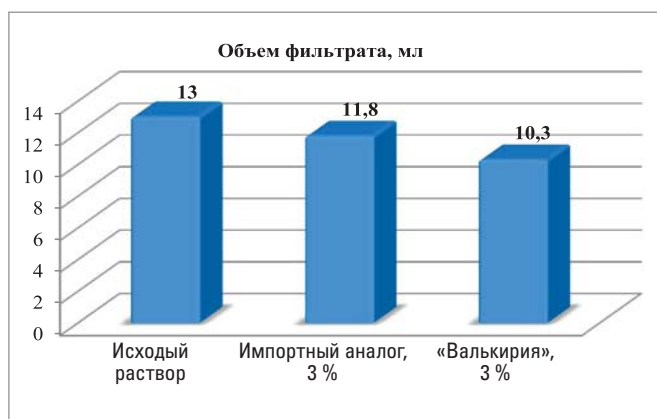
Для более эффективного применения технологии BIT-SBC и минимизации рисков ухода состава в затрубное пространство рекомендуется устанавливать пакер над зоной поглощения.



**Рис. 8.** BIT-SBC через 60 секунд после смешения компонентов



**Рис. 9.** Схема поочередной закачки компонентов BIT-SBC



**Рис. 10.** Снижение НТНР фильтрации при 80 °С в присутствии реагента «Валькирия»



**Рис. 11.** Снижение коэффициента трения БР в присутствии реагента «Валькирия»

Технология BIT-SBC активно применяется для ликвидации поглощений с 2017 г. За время использования было проведено более 20 скважинных операций с различной интенсивностью поглощений – от 5 м<sup>3</sup>/час до полного отсутствия циркуляции.

Успешность применения состава BIT-SBC составила 75 %. Эффективность технологии для ликвидации поглощений BIT-SBC, разработанная и внедренная компанией ООО НПП «БУРИНТЕХ», доказана многочисленными промысловыми работами в различных геологических условиях и в широком диапазоне интенсивности поглощения.

Несмотря на то, что представленные выше технологии позволяют эффективно бороться с такой проблемой, как поглощения промывочных жидкостей, существуют и другие серьезные осложнения при бурении скважин, такие как сужение и обвал стенок скважины.

**Для решения проблем с данными осложнениями специалистами компании ООО НПП «БУРИНТЕХ» разработана полифункциональная добавка для буровых растворов «Валькирия».**

Данный реагент включает в себя свойства ряда функциональных добавок – ингибитора набухания глин, смазочной добавки, понизителя НТНР-фильтрации. За

счет сочетания подобных свойств «Валькирия» позволяет эффективно проводить буровые работы в сложных геологических условиях, таких как обвалоопасные интервалы, набухающие глины, сложные траектории скважин.

Все указанные эффекты достигаются за счет дополнительного ингибирования глин, снижения фильтрации (**рис. 10**), а соответственно, и излишнего размокания глины, придания буровому раствору дополнительных смазывающих свойств (**рис. 11, 12**). Применение данного реагента не исключает полный отказ от функциональных добавок, однако позволяет снизить их расход либо усилить действие.

Работа с данным реагентом не требует применения отдельного оборудования на буровой, его можно вводить прямо в циркулирующий буровой раствор в рабочих емкостях.

Основываясь на своем опыте работы с буровыми растворами, специалисты ООО НПП «БУРИНТЕХ» создают реагенты для решения широкого спектра проблем, встречающихся при строительстве скважин. Наличие собственных лабораторий и производственных мощностей позволяет эффективно адаптировать любую технологию к конкретным условиям применения.



**Рис. 12.** Влияние использования реагента «Валькирия» на целостность шлама:

а – исходный раствор; б – «Валькирия», 3 %; в – иностранный аналог, 3 %