ООО «Нефтегазтехнология»
Российская Федерация

Бурение на ГНКТ по технологии Blood Vessels™

info@n-gt.ru

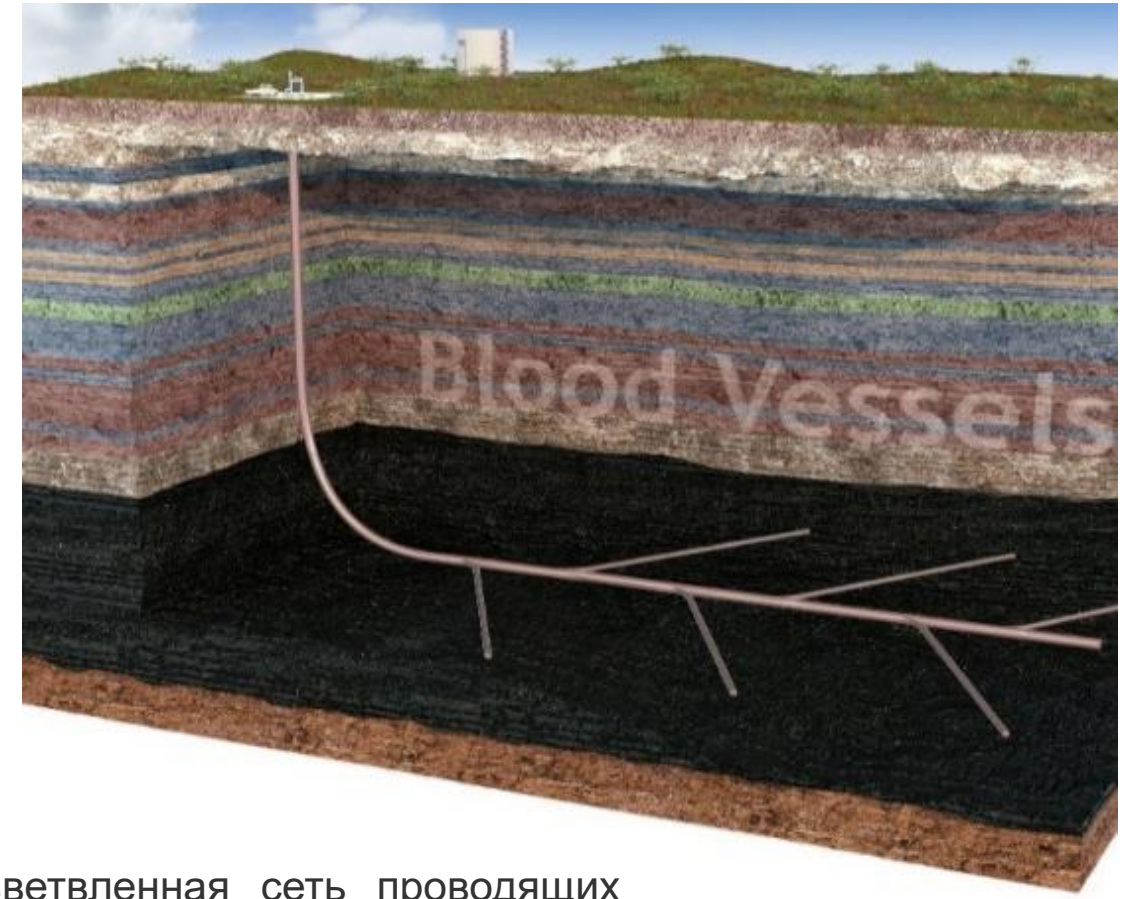
www.n-gt.ru

Технология проекта

Технология Blood Vessels (BV) - создание разветвленной сети боковых стволов в продуктивном пласте с целью масштабного охвата залежи воздействием и увеличения площади дренирования.

Стволы проводятся с колтюбинговых установок струйным способом бурения с использованием геонавигации и системы управления траекторией ствола.

Использование кабельного канала позволит работать с многофазными жидкостями с высокой точностью, скоростью и большим объемом передачи информации на поверхность, подавать управляющие команды системе управления траекторией ствола.

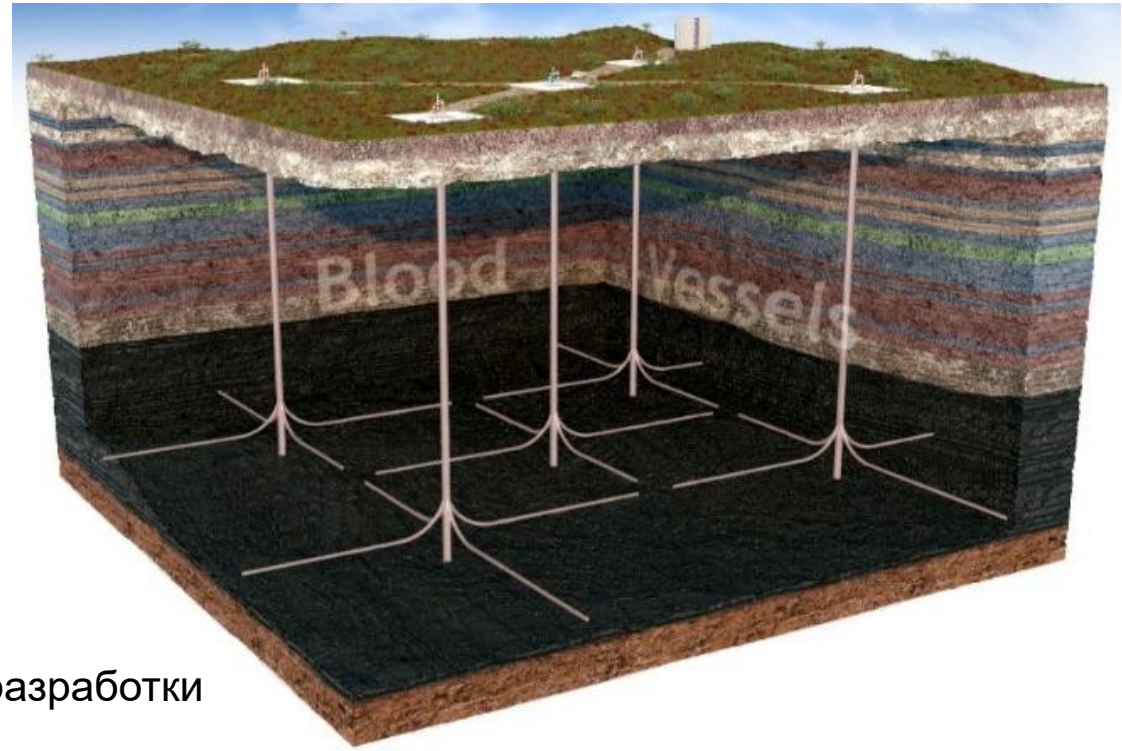


Боковые стволы BV могут быть использованы как разветвленная сеть проводящих каналов для подачи различных хим.составов и теплоносителя вглубь пласта, а также как каналы «разгрузки» для придания направления развития трещин ГРП.

Технология проекта

Технология BV по масштабу и эффективности воздействия на залежь становится в ряд с высокоэффективными технологиями:

- **Бурение горизонтальных стволов (БГС)**
- **Забурка боковых стволов (ЗБС)**
- **Гидроразрыв пласта (ГРП)**



Технология BV внедряется для решения системных проблем разработки месторождений:

- **Увеличивает коэффициент извлечения нефти на 30-40%**
- **Дает прирост добычи нефти в 2-3 раза**
- **Снижает удельные затраты на добычу тонны нефти**

Технологические решения BV

	28 мм	38 мм	54 мм
Диаметр ГНКТ	+ Сверх малый радиус выхода в горизонт 4 м	+ Возможности забойного телеметрического оборудования в оптимальном радиусе выхода в горизонт 6,5 м	+ Увеличение жесткости компоновки, возможность работать в горизонтах 1000 и более метров +Большое количество оборудование на рынке в данном типоразмере
	- Отсутствие технической возможности изготовления забойного телеметрического оборудования	- Отсутствие на рынке готового оборудования - Необходимость разработки индивидуального оборудования и электроники под данный диаметр	- Радиус выхода в горизонт 30-40 метров - Возможность работать не более чем на 10% скважин РФ

	По ГНКТ	По м/к НКТ-ГНКТ
Закачка рабочей жидкости	+ Отсутствие необходимости сращивания ГНКТ при спуско-подъемных операциях	+ Низкие гидравлические потери **0,02 атм /м** + Возможность создания противодавления в ГНКТ
	- Гидравлические потери при закачки жидкости **– 0,47 атм /м** - Не возможно выдержать режим гидромониторного разрушения горных пород с выносом - Ограничения по давлению закачки	- Необходимость сращивание ГНКТ при спуско-подъемных операциях

Технологические решения BV

	Электромагнитный	Кабельный	Гидравлический
Канал связи с забойным оборудованием	+ Отсутствие элементов по стволу скважины	+ Непрерывная связь + Максимально возможная информативность + Быстродействие + Многоканальность + Помехоустойчивость, + Возможность двусторонней связи; + Возможность использования на аэрированной промывочной жидкости	+ Отсутствие элементов по стволу скважины
	- Малая дальность связи (зависит от проводимости горных пород, затухания сигналов), - Слабая помехоустойчивость	- Необходимость защиты кабеля от механических повреждений в интервале перепускного устройства	- Передача информации «пакетами», - Низкая помехоустойчивость - Необходимость остановки бурения

Технологические решения BV

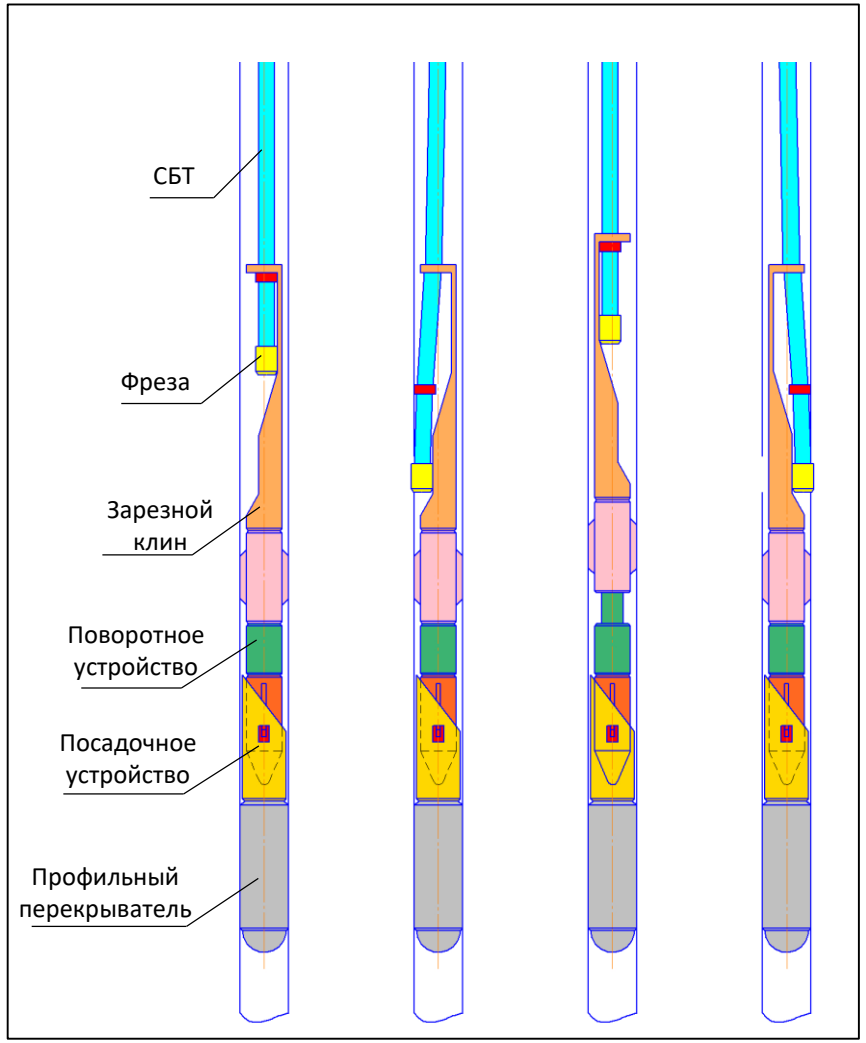
Технические решения	Преимущества	Результат	Примеры
Струйный способ бурения	Подводимая гидравлическая энергия без потерь на переходных процессах мех. бурения используется для разрушения породы Отсутствие ограничения по приему мощности на забое Отсутствие крутящего момента Запас по подводимой на поверхности мощности Аэрация промывочной жидкости Штуцирование выходящей из скважины промывочной жидкости	Высокий КПД Увеличение забойной мощности, скорости проходки Лучшая управляемость бурения стволов Меньшие прочностные требования к инструменту Работа на больших глубинах и протяженностях ответвлений Возможность наращивания мощности до 30% от базового уровня Управление забойным давлением Вскрытие интервалов без нарушения разобщения пластов	КПД на глубинах 1500 – 4500м от 70 до 50% Породоразрушающая мощность на забое от 420 до 280 кВт Скорость проходки 100м/час Возможность разветвления стволов до 3 порядка Работа на глубинах до 6 000м, ответвления до 500м. Вскрытие пластов с аномальностью 0,5 – 1,5
Использование гибкой трубы	Высокая скорость спуско-подъемных операций Упругая деформация трубы Использование кабельного канала связи Контроль давления в скважине при СПО и бурении	Снижение себестоимости работ Online геонавигация и управление траекторией ствола в малом диаметре Управление забойным давлением	Радиус входа в пласт 6,5м Без необходимости обсадки несовместимых интервалов бурения
Закачка жидкости по межколонному пространству	Кратное снижение гидравлических потерь	Передача большей породоразрушающей мощности на забой Создание высокоскоростных струй	Мощность на забое в 10 -15 раз выше, чем у ближайших аналогов
Замкнутая система циркуляции бурового раствора	Регенерация раствора через систему тонкой очистки Сепарация газа, отбор жидких УВ, шлама	Минимальное воздействия на окружаю среду Возможность повторного использования раствора	

Технологические решения BV

Технические решения	Преимущества	Результат	Примеры
Минимизация диаметра гибкой трубы	Минимизация радиуса входа в пласт Облегченное разветвление стволов	Расширение критериев применимости Увеличение эффективности Снижение себестоимости	Радиус входа в пласт 6,5м
Кабельный канал связи	Лучшие условия передачи информации по точности, скорости и объему Передача на забой управляющих команд Работа в многофазных жидкостях Питание забойной аппаратуры	Расширение критериев применимости Снижение себестоимости	Бурение на депрессии Сокращение сроков работ Передача данных с задержкой 0,1с
Геонавигация online	Адресное воздействие на пласт	Работа в тонких прослоях Проводка стволов вблизи ГНК и ВНК	Работа в пластах от 2-х метровой мощности
Система управления траекторией ствола online	Бурение протяженных и разветвленных стволов	Разветвление стволов до 3 порядка Возможность непрерывной проходки ствола 500 м за 1 СПО	Охват в радиусе 500м от материнского ствола с подключением к разработке всего вертикального разреза
Совокупность решений BV	Широкий охват решаемых задач	Решение задач по приросту дебитов и КИН Снижение себестоимости Экологичность Создание дифференцированных версий технологий BV для различных геологических задач	Вскрытие на депрессии. Опция бурения стволов в карбонатах с одновременной СКО и удалением продуктов реакции Старый и новый фонд скважин Добывающий и нагнетательный фонд скважин Все типы коллекторов

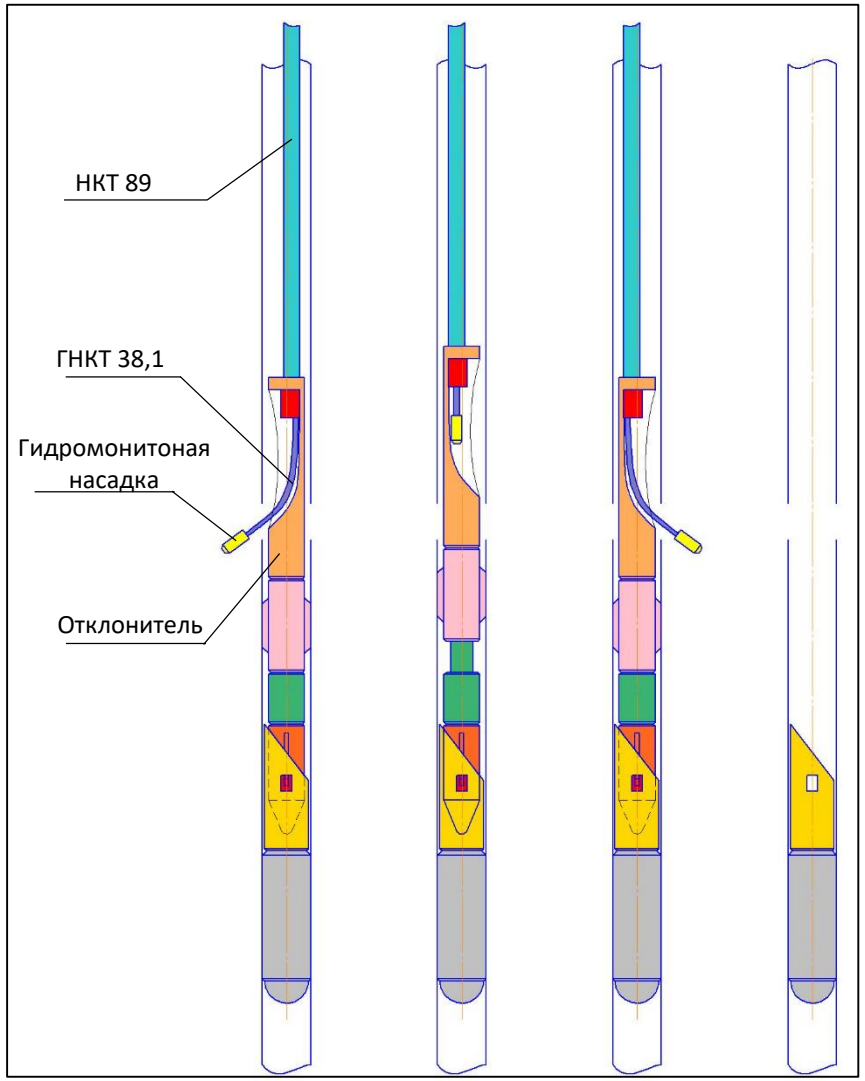
Подготовительные работы - фрезерование э/к

- Спуск клина отклонителя для фрезерования
- Фрезерование э/к ротором с гидроприводом
- Разворот компоновки на 90 гр.
- Последовательное фрезерованию 4-х окон размером 70 на 350 мм.
- Промывка забоя
- Подъем фрезеровочной компоновки



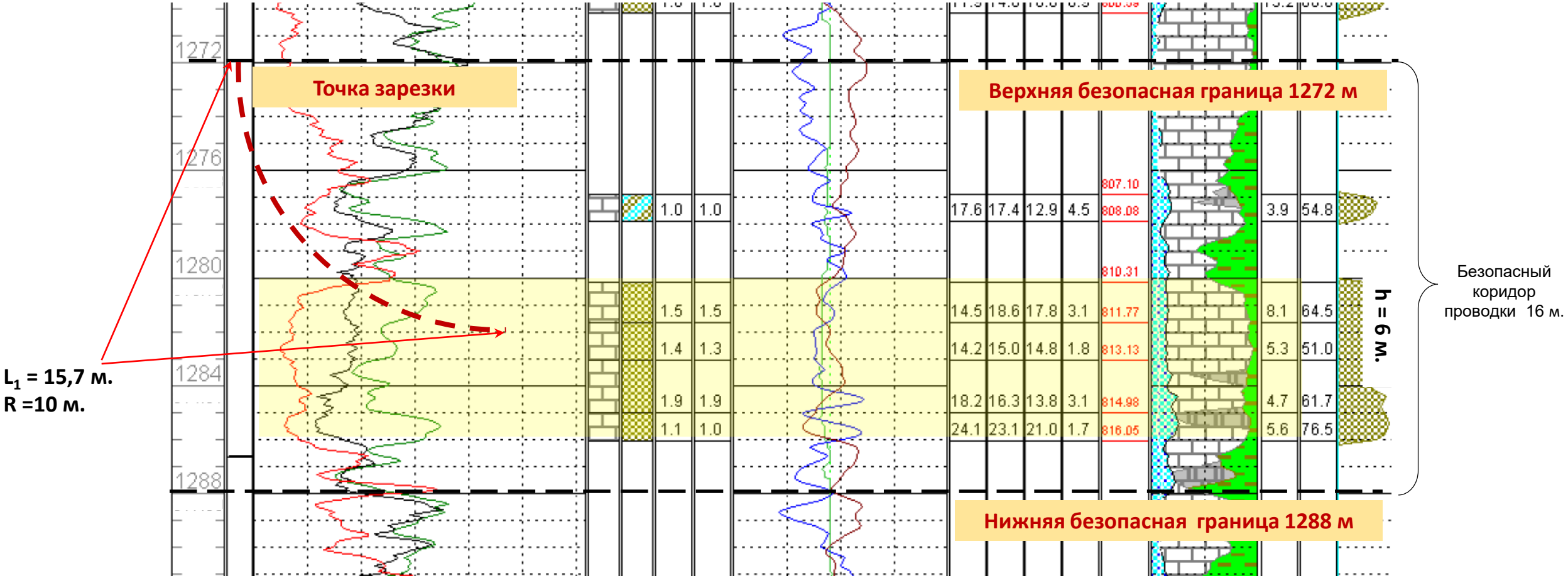
Процесс бурения стволов

- На гибкой трубе 38,1мм в скважину спускается гидромониторная насадка с автономным модулем зенитного угла.
- Созданием высоконапорной струи на насадке обеспечивается разрушение горной породы, подачей гибкой трубы – создание канала в пласте.
- Последовательно с разворотами компоновки выполняются проходки всех 4-х боковых стволов.



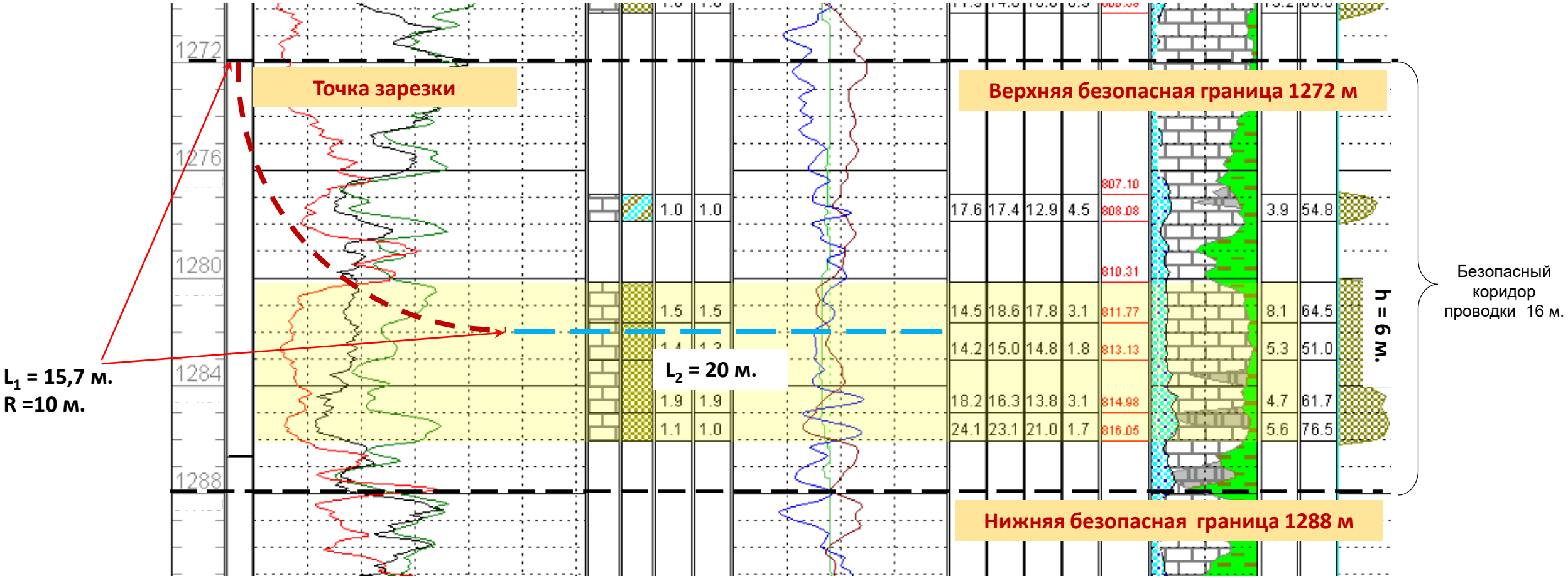
Проводка стволов в обсаженных скважинах BV_01

1 ЭТАП - набор угла, выход в горизонт. Определяются границы безопасного коридора. Сверху – точка зарезки на расстоянии 10 м от выхода канала в горизонт в продуктивной части пласта. На данном участке кровли пласта должны быть плотные породы без кавернозных аномалий. Снизу – отступается 5 м от ВНК или другого не желательного для вскрытия объекта. Длина первой проходки - меньше высоты коридора, это гарантирует нахождение стволов в границах коридора. Подъем инструмента, построение траектории, смена компоновки.



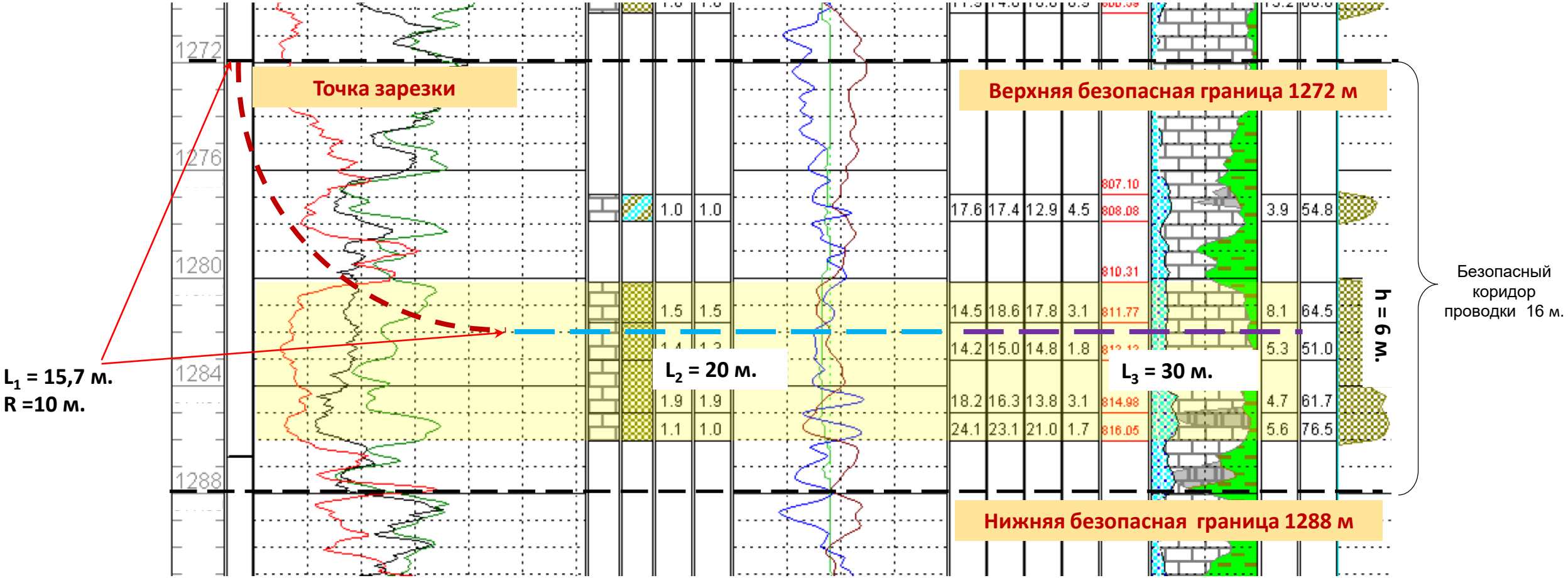
Проводка стволов в обсаженных скважинах BV_01

2 ЭТАП - стабилизация угла, удлинение ствола. Спуск компоновки для стабилизации угла. Протяженность второй проводки определяется с учетом конуса неопределенности в границах безопасного коридора. Подъем инструмента, построение траектории, подтверждение проектного тренда траектории, расчет длины третьего участка.



Проводка стволов в обсаженных скважинах BV_01

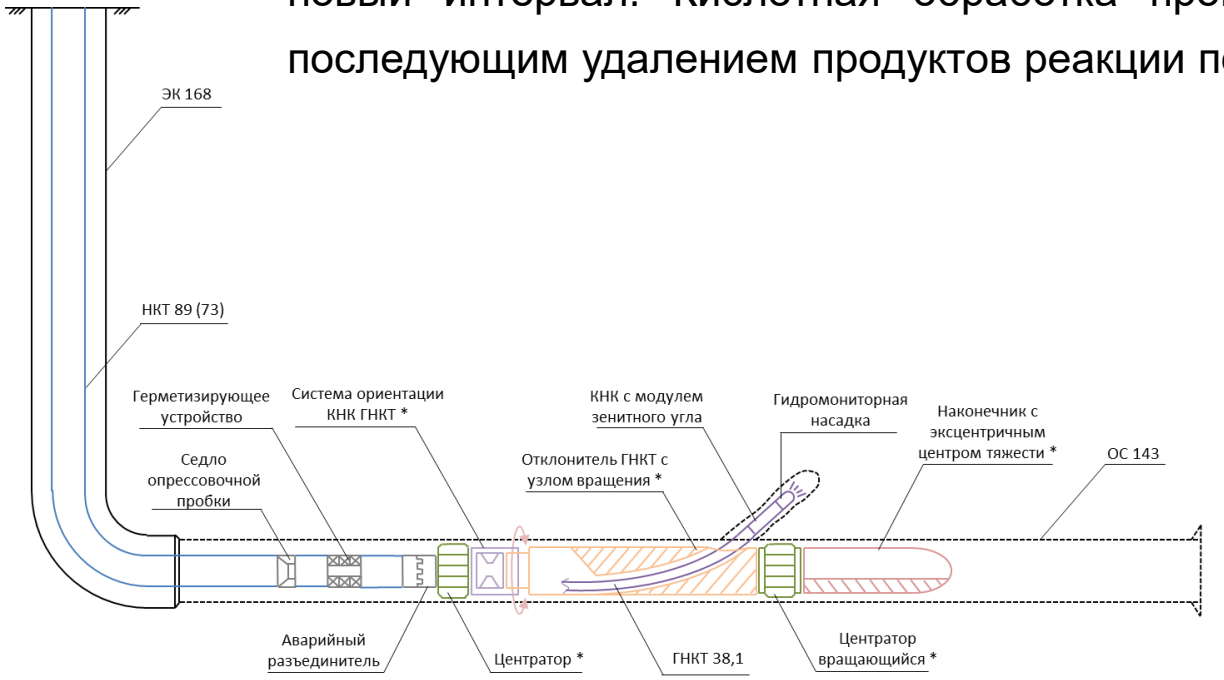
3 ЭТАП – завершение проходки. Проводка третьего участка, подъем компоновки. Спуск компоновки на кислотную обработку. Проведение кислотной обработки с повторным входом в стволы и гидромониторной закачкой кислоты от «носка» к «пятке» каждого ствола. Освоение с подачей азота, снижение забойного давления, извлечение продуктов реакции из стволов.

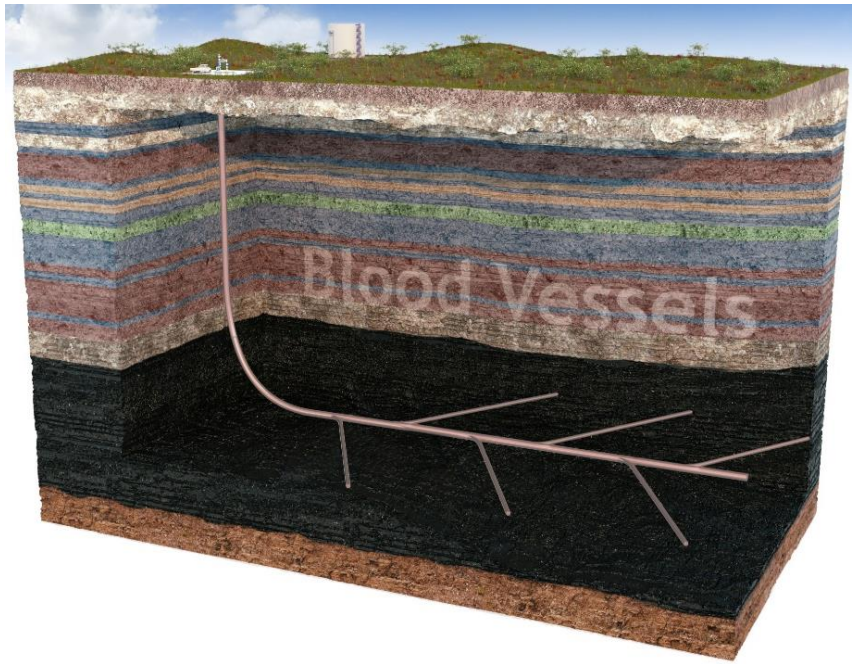


Проводка каналов в горизонтальных стволах BV_02

Порядок работ.

Спускается отклонитель в «носок» горизонта с заданным направлением выхода. Делаются поинтервальные проходки первого ствола с контролем траектории с целью сохранения проектного угла наклона и направления. Переход к следующим интервалам зарезки производится посредством подъема из скважины необходимого количества НКТ и перемещения отклонителя в новый интервал. Кислотная обработка проводится после бурения всех боковых стволов с последующим удалением продуктов реакции посредством азотного освоения.





Проводка каналов в горизонтальных стволах BV_02

Возможности

1. Исправительные работы по участку горизонтального ствола, вышедшего за границы пласта (рис. 1)
2. Приобщение геологически изолированных пропластков/объектов к горизонтальному стволу (рис.1)
3. Разветвление материнского горизонтального ствола дополнительными стволами BV протяженностью 100м.
4. Выход из зоны выклинивания пласта проводкой дополнительных стволов BV в направлении зон и интервалов повышенных ФЕС (рис.2)
5. Уменьшение плотности сетки разбуривания за счет разветвления горизонтальных скважин стволами BV

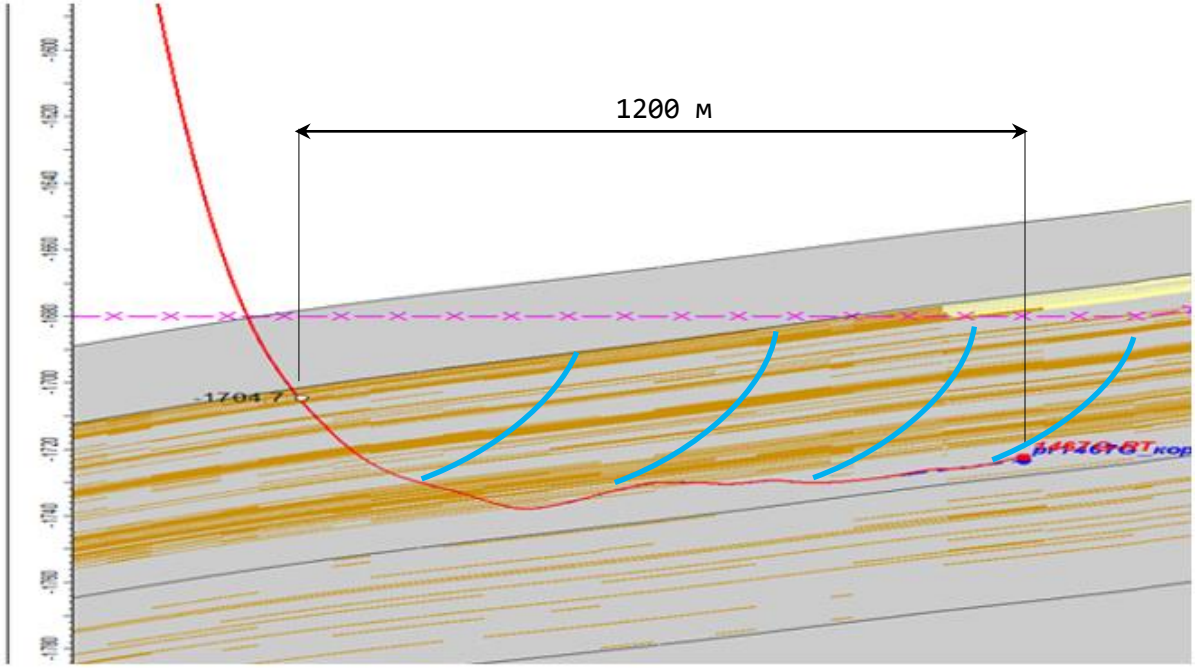


Рис. 1

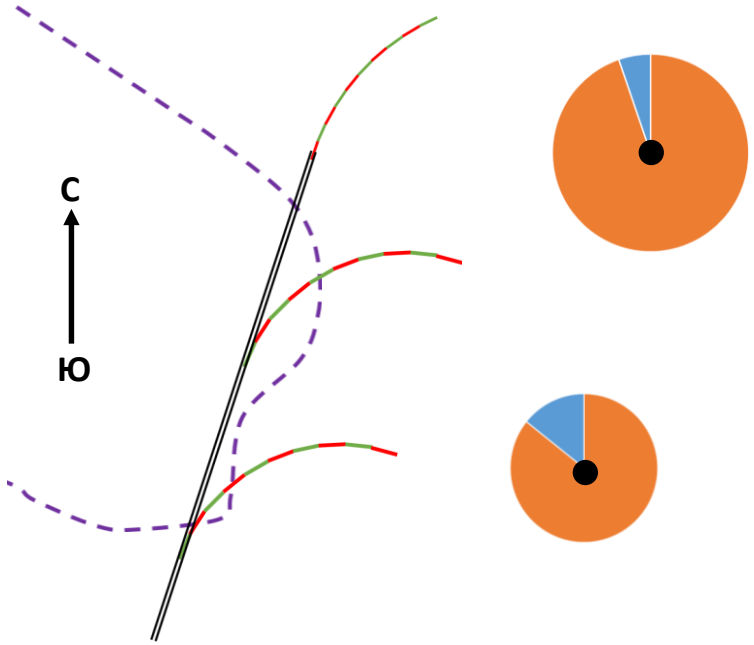
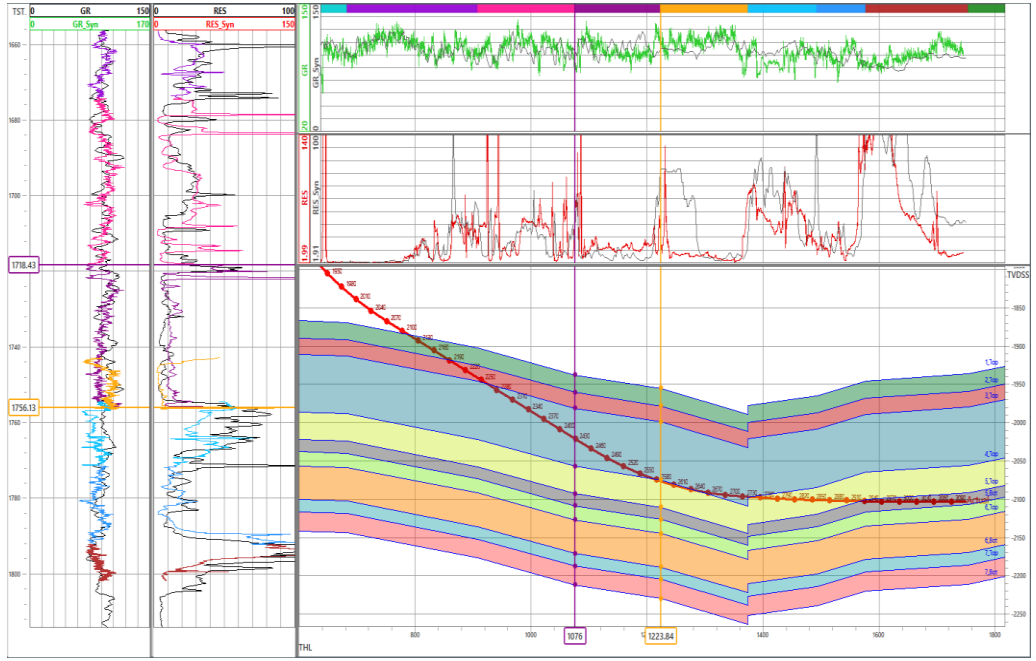


Рис. 2

Навигация стволов

ПОДТВЕРЖДАЕМ ФАКТИЧЕСКУЮ ТРАЕКТОРИЮ В ПРОЦЕССЕ ПРОВОДКИ СТВОЛОВ



Автономный инклинометр

Характеристики:

Диаметр 25 мм
Длина 800 мм
Интенсивность изгиба до 12 град/м
Максимальная температура 100°С
Максимальное давление 700 атм
Точность: +/- 0.5 град

Параметры измерения:

Зенитный угол, град
Угол отклонителя, град
Температура, °С
Давление внутри ГНКТ, атм
Давление снаружи ГНКТ, атм

РОССИЙСКАЯ СИСТЕМА КАЛИБРОВКИ

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ РОССИИ

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
ЦЕНТР МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
"Урал-Гео"

450095, Российская Федерация, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Армянская, 40
Тел./Факс: (347) 295-97-36; 295-97-35. E-mail: uralgeo_ufa@mail.ru

СЕРТИФИКАТ
калибровки средства измерений
№ 163-09/18

Объект калибровки: Автономный инклинометр, зав. № 1.

Заказчик: ООО "Нефтегазтехнология" (121609, РФ, г. Москва, ул. Осенний бульвар, д.21).

Измеряемая величина: зенитный угол (ЗУ), визирный угол – (ВУ).

Методика калибровки: № МК-ЦМИ-22-2018 «Инклинометры скважинные. Методика калибровки», утвержденная ООО ЦМИ «Урал-Гео».

Условия калибровки: температура воздуха при калибровке: (20±2) °С.

1. Оцененное максимальное значение основной абсолютной погрешности измерений зенитного угла в диапазоне от 10° до 180°: ±0,13° при АУ=0°, ВУ=0°; при нормированном значении ±0,2° при доверительной вероятности P=1.
2. Оцененное максимальное значение основной абсолютной погрешности измерений визирного угла в диапазоне от 0° до 360°: ±0,75° при АУ=0°, ЗУ=45° при нормированном значении ±1° при доверительной вероятности P=1.

Калибровка выполнена с помощью: установки для калибровки инклинометров УАК-СИ-АЗВ № 001, (Сертификат калибровки ООО ЦМИ «Урал-Гео» №1343-2018 до 12.07.2019 г.); единицы угловых величин установке УАК-СИ-АЗВ переданы от квадранта оптического КО-60 №792658 (Свидетельство о поверке ФБУ «ГРЦСМ в РБ» №12/11486 до 15.10.18г.) и ориентир-буссоли ОБК № 00449 (Сертификат калибровки ФБУ «ГРЦСМ в РБ» №12/4743 до 16.10.18г.).

Приложение к Сертификату калибровки: Протокол калибровки на 2 стр.

Дата калибровки: 14.09.2018г.

Рекомендуемая дата проведения следующей калибровки: 14.09.2019г.

Зав. отделом метрологии, к.т.н: И.Д. Святохин

ПРОВЕДЕМ СТВОЛЫ В КОРИДОРЕ ПЛАСТА ОТ ТРЕХ МЕТРОВ НА ГЛУБИНЕ до 3500 м

Факторы формирования преимуществ технологии BV

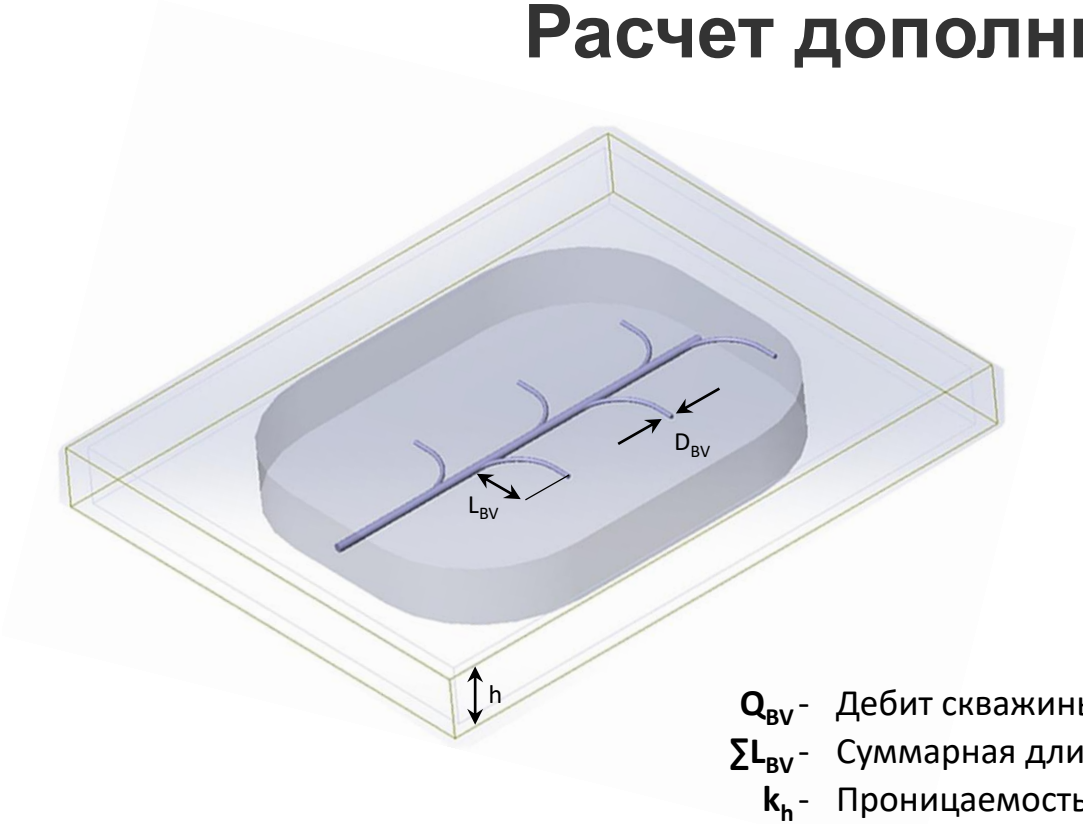
При проводке
4 боковых стволов BV по 100м
площадь контакта с пластом
увеличивается на 100 м2

1. Адресная проводка стволов по наиболее проницаемой части пласта
2. Приобщение интервалов пласта по вертикали и простиранию
3. Очистка боковых каналов, подтвержденная выносом шлама на поверхность
4. Управление забойным давлением исключает/контролирует фильтрацию промывочной жидкости в пласт

4. Кислотная обработка с повторным входом в боковой ствол снижает скин-фактор
5. Освоение сразу после СКО снижает скин-фактор
6. В случае АНПД – возможность интенсификации пласта с использованием технологии BV на депрессии
7. Проникновение боковых стволов в зоны повышенных ФЕС
8. Щадящее вскрытие
9. Высокий стандарт экологической безопасности и охраны недр при проведении работ

Увеличение дебита
по нефти в 2,5 - 3 раза
Увеличение дебита
по газу 3 – 5 раз
Увеличение КИН на 20-40%
Скин-фактор ниже минус 0,5

Расчет дополнительной добычи



DR. S. D. JOSHI

$$Q_{BV} = \frac{0{,}00708 * k_h * h * (P_{пл} - P_{заб})/(\frac{\mu_0}{B_0})}{\left[\ln * \left(\frac{a + \sqrt{a^2 - \left(\sum L_{BV}/2\right)^2}}{\sum L_{BV}/2}\right) + \left(\frac{\beta * h}{\sum L_{BV}}\right) * ln\left(\frac{\beta * h}{D_{BV}}\right) + S\right]}$$

$$a = (\sum L_{BV}/2) * \left[0{,}5 + \left[0{,}25 + (2 * \frac{r_{eh}}{\sum L_{BV}})^4\right]^{0{,}5}\right]^{0{,}5}$$

$$\beta = \left(\frac{k_h}{k_v}\right)^{0{,}5}$$

Q_{BV} - Дебит скважины после BV, м3/сут
$\sum L_{BV}$ - Суммарная длинна стволов BV, м
k_h - Проницаемость горизонтальная, мД
k_v - Проницаемость вертикальная, мД
D_{BV} - Диаметр ствола BV, мм
h - Эффективная мощность пласта, м
S - Скин
$P_{пл}$ - Пластовое давление, атм
$P_{заб}$ - Забойное давление, атм
μ_o - В-сть нефти в пл. условиях , спз
B_o - Объемный коэффициент нефти
a - Половина большой оси эллипса дренирования, м
β - Коэффициент анизотропии

Опыт применения технологии BV

Скважина №718 Бухарской площади, Татарстан.

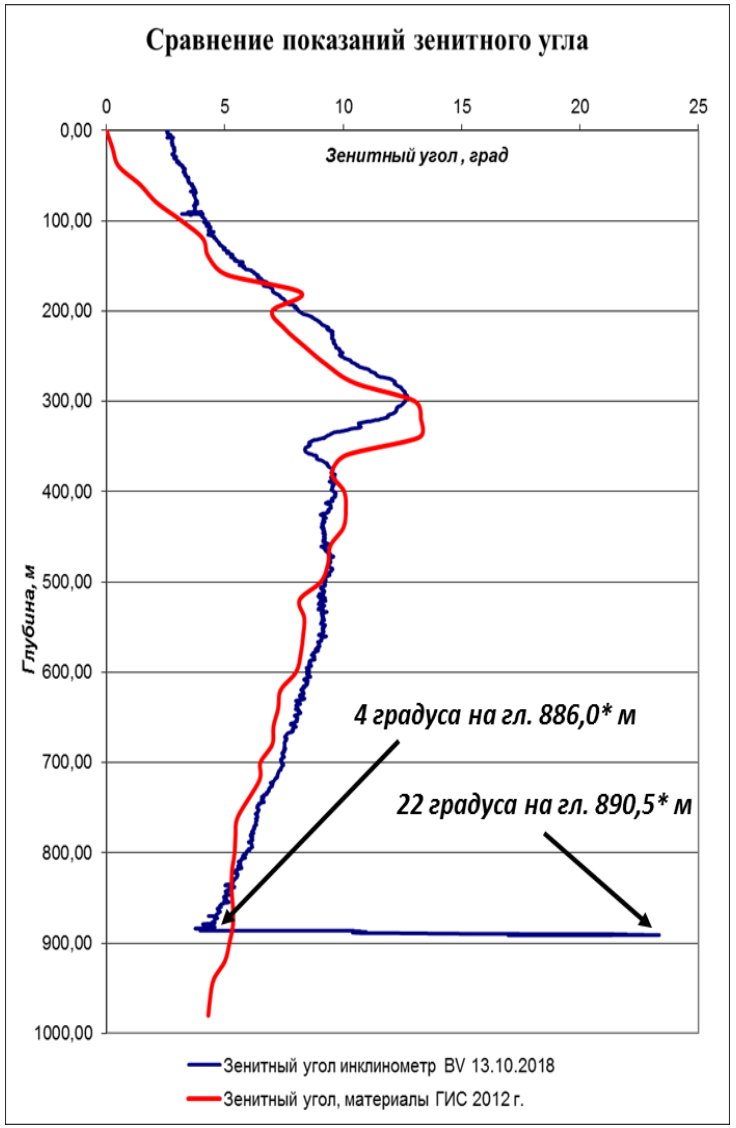
1. Отфрезеровано 4 окна в э/к 146 мм на глубине 890м за одну спуско-подъемную операцию

2. Проведено 3 боковых ствола протяженностью до 35 м с достижением скорости проходки 100 м/час

3. Протестирована работа инклинометра:
 - опрессовка при 600 атм
 - набор угла 22 град
 - корреляция замеров зенитного угла автономного инклинометра и первичной инклинометрии скважины

4. Разработана и внедрена система очистки раствора до 20 мкн

5. Все разработанное и изготовленное спецоборудование подтвердило работоспо-собность, достаточный ресурс и безопасность.



Опыт применения технологии BV

Скважина №10 Осваньюрского месторождения, Коми.

В 2020г. проведены опытно-промышленные работы:

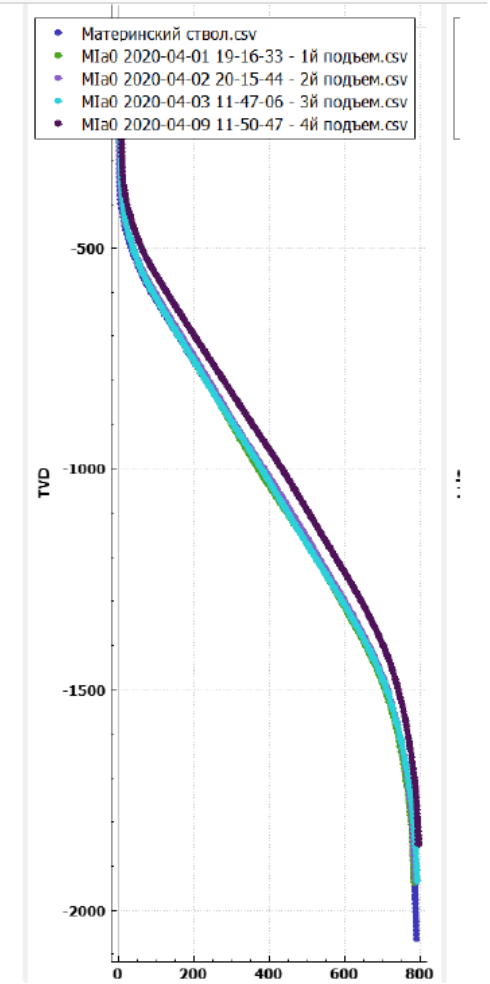
1. Выполнено фрезерование 4-х окон в ЭК 168х8,94 мм группы прочности С90 на глубине 2165 м.

2. Внедрена система позиционирования отклонителя ГНКТ по отфрезерованным окнам без привлечения установки КРС.

3. Внедрена усовершенствованная версия автономного инклинометра (АИ) диаметром 25 мм с подтверждением сходимости результатов измерений зенитного угла материнского ствола и спусками АИ на забой.

4. Все спец. оборудование BV, спускаемое на НКТ и ГНКТ, отработало в штатном режиме с подтверждением ресурса.

В результате испытаний получена важнейшая информация для дальнейшего внедрения технологии.



Стендовые испытания

По результатам ОПР на скважине №10 Осваньюрского месторождения

В августе 2020г. проведены стендовые испытания по созданию затравочных каналов перед проводкой боковых стволов с использованием доработанных гидромониторных насадок (ГМН).

Выводы.

1. Необходимо создавать затравочные каналы в прочных карбонатных породах перед проводкой основных боковых стволов.

2. Подтверждена возможность создания последовательно затравочного и основного бокового канала в прочных карбонатных породах.

3. Применявшиеся на ОПР технологические режимы проводки боковых стволов обеспечивают достаточную для создания боковых стволов мощность.

В результате проведенных стендовых испытаний получен результат, подтверждающий готовность дальнейшего внедрения технологии в прочных карбонатных породах с использованием специальных зарезных ГМН.

Критерии применимости технологии BV

1. Наклонно-направленные скважины с углом 0-40 град (41-60*град опционно)
   Диаметр колонны 140; 146; 168; 178; 245 мм

2. Скважины с открытыми горизонтальными стволами диаметром от 120 мм

3. Мощность пласта не менее 3 м с учетом 6 - 7 м проходки по прочной породе до выхода в горизонталь

4. Глубина целевого пласта до 3500 м

5. Потенциал бездействующих скважин для интенсификации:
   - АНПД
   - ЗКЦ
   - потеря продуктивности после РИР
   - потеря интервала перфорации («голова» в 10-20м)
   - литологически экранированные зоны

6. Потенциал использования при разработке нетрадиционных запасов УВ (бажен, доманик).

Области применения технологии BV

	Технология BV
1	Обсаженные стволы вертикальных и наклонно-направленных скважин, версия технологии BV_01
2	Открытые горизонтальные стволы, версия технологии BV_02
3	Обсаженные горизонтальные стволы, диаметр колонны от 114мм
4	Слабосцементированные песчаники, технология BV с креплением стволов пропантной набивкой.
5	Гибридная технология BV и ГРП, направленные ГРП
6	Новые вертикальные, наклонно-направленные и горизонтальные скважины до спуска обсадной колонны
7	Новые вертикальные, наклонно-направленные и горизонтальные скважины после спуска обсадной колонны с управляемыми портами BV
8	Гибридная технология BV и МУН, управление охватом вытеснения
9	Сланцевые месторождения
10	Месторождения шельфа
11	Технология BV с опцией обсадки боковых стволов хвостовиками

Благодарим за уделенное время и внимание!

Сделаем оценку решения системной задачи разработки залежи нефти на основе реальных данных

www.n-gt.ru
info@n-gt.ru

Попов Павел Иванович
ppopov@n-gt.ru
+7 (926) 202-87-51