
**SPE Distinguished Lecturer
Program**

**New and Emerging
Water and Gas shut-off Techniques
in Vertical and Horizontal Open-
holes:
Challenges and Opportunities**

**Программа Заслуженные
Лекторы SPE**

**Новые и развивающиеся методы
изоляции водо- и
газопроявлений
в вертикальных и
горизонтальных необсаженных
стволах скважин:
Проблемы и возможности**

Naz Gazi

**Halliburton Energy
Services**

2007-08

Наз Гази

Halliburton Energy Services

2007-08



SPE DISTINGUISHED LECTURER SERIES

is funded principally
through a grant of the

SPE FOUNDATION

The Society gratefully acknowledges
those companies that support the program
by allowing their professionals
to participate as Lecturers.

and special thanks to The American Institute of
Mining, Metallurgical,
and Petroleum Engineers (AIME) for their
contribution to the program.

СЕРИЯ ЛЕКЦИЙ ЗАСЛУЖЕННЫХ ЛЕКТОРОВ SPE

Спонсируется главным
образом через грант

ФОНДА SPE

Общество выражает благодарность тем
компаниям,
которые поддерживают программу, направляя
своих сотрудников
для участия в ней в качестве лекторов.

И отдельная благодарность Американскому
институту горной, металлургической
и нефтяной промышленности (AIME) за его
вклад в программу.

Discuss about... water management... creating value out of water

- Enormity and cost of conformance problems
- Present trend versus optimum solution
- Case histories
- Emerging placement techniques
- Emerging systems and software
- Proactive: conformance while drilling (cwd)
- Conclusion and summary

Обсуждение управлением водопроявлениями... извлекая пользу из заводнения

- Масштабность и цена проблем охвата площади заводнением
- Существующая тенденция и оптимальное решение
- Примеры из практики
- Новые методы размещения
- Новые системы и программное обеспечение
- Предупредительные меры: учет вовремя бурения (cwd)
- Заключение и выводы





Enormity of the Problem

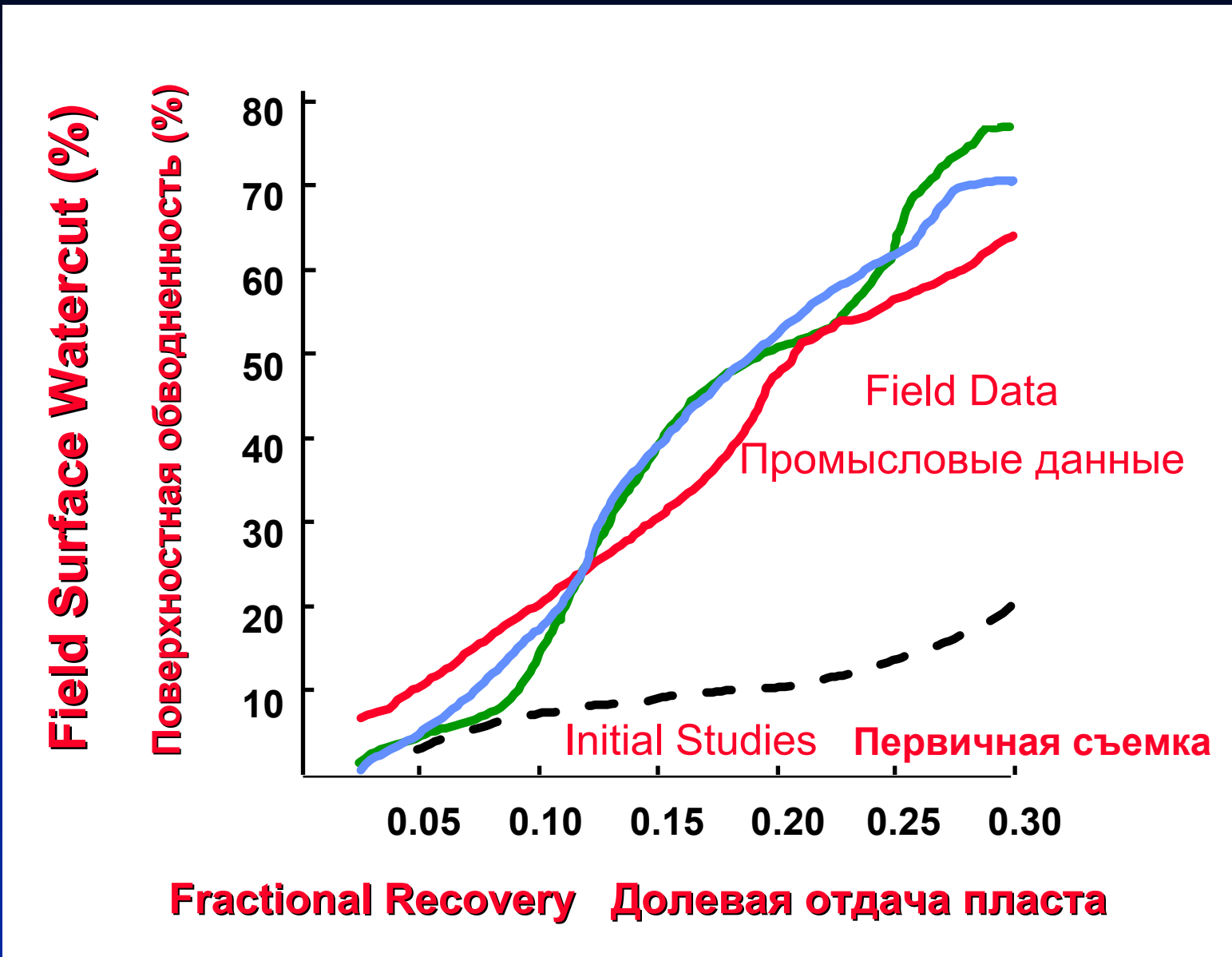
- Old problem and getting worse as most fields are maturing, worldwide.
- Producers spend \$45b annually on unwanted water production
- One major spends \$1b /yr on water mgmt
- More than \$10b will be spent on water disposal over the next 10 years in the Middle East alone

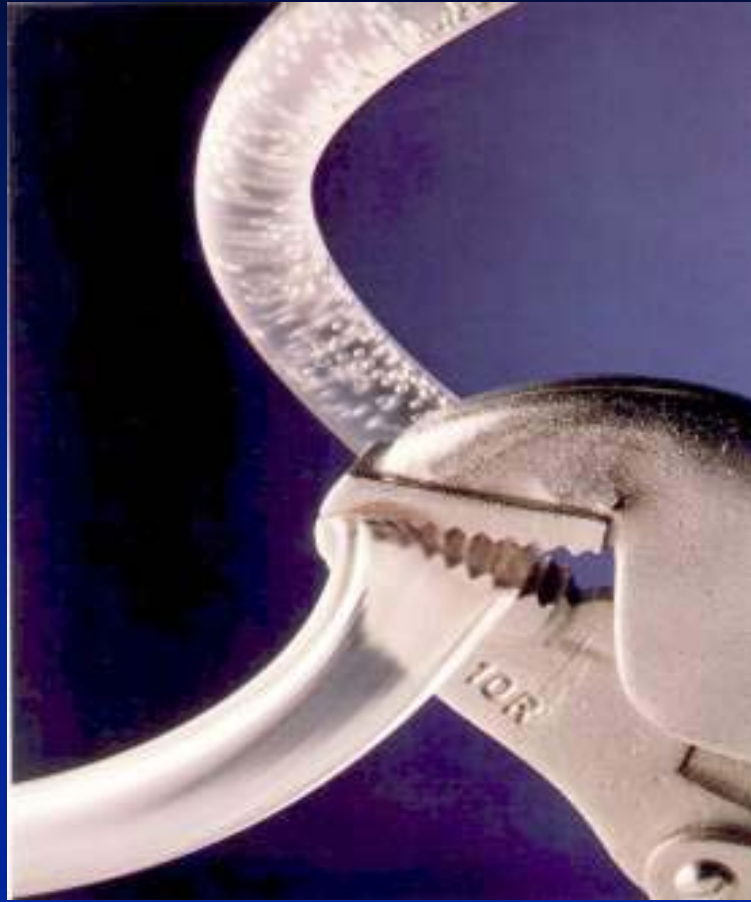
Масштабность проблемы

- Проблема существует давно и усугубляется по мере того, как все большее число месторождений вступает на позднюю стадию разработки, и так по всему миру.
- Ежегодно добывающие компании тратят \$45 млрд. на нежелательный отбор воды
- Одна крупная добывающая компания затрачивает \$1млрд в год на управление водопрооявлениями
- Только на Среднем Востоке в следующие 10 лет планируется потратить \$10 млрд на утилизацию воды

North Sea Fields

Североморские месторождения







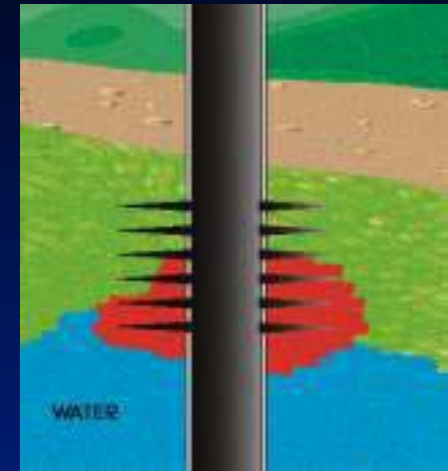
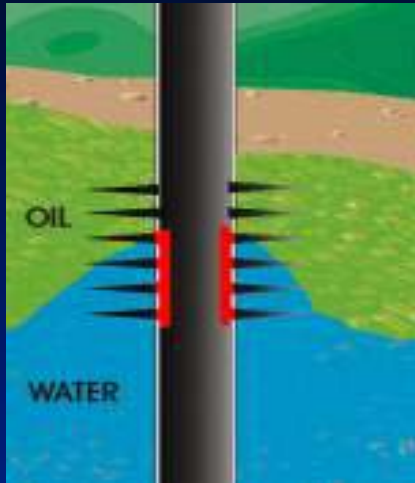
Average Water Production per Well and cost per bbl

- 3 bbls of water for every bbl of oil
- For US wells: 7 bbls of water for a bbl of oil
- This ratio is getting worse over time
- **Total Costs**
 - \$0.75 - \$ 2.00/bbl for U.S. Land
 - \$1.00 - \$ 3.00/bbl for U.S. Offshore

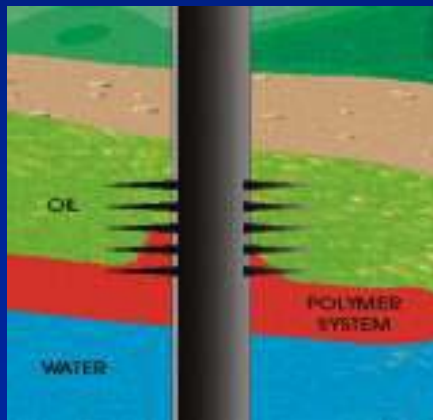
Средний отбор воды на скважину и затраты на баррель

- 3 барреля воды на каждый баррель нефти
- По американским скважинам: 7 баррелей воды на баррель нефти
- Данная пропорция со временем ухудшается
- **Общая сумма затрат**
 - \$0.75 - \$ 2.00/ баррель для наземных американских скважин
 - \$1.00 - \$ 3.00/ баррель для морских американских скважин

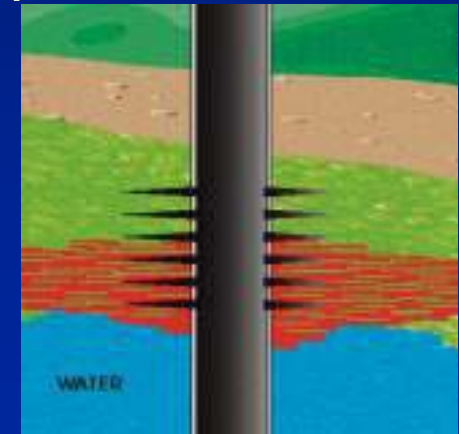
What solutions industry offer? Возможные решения



Near Wellbore В
призабойной зоне



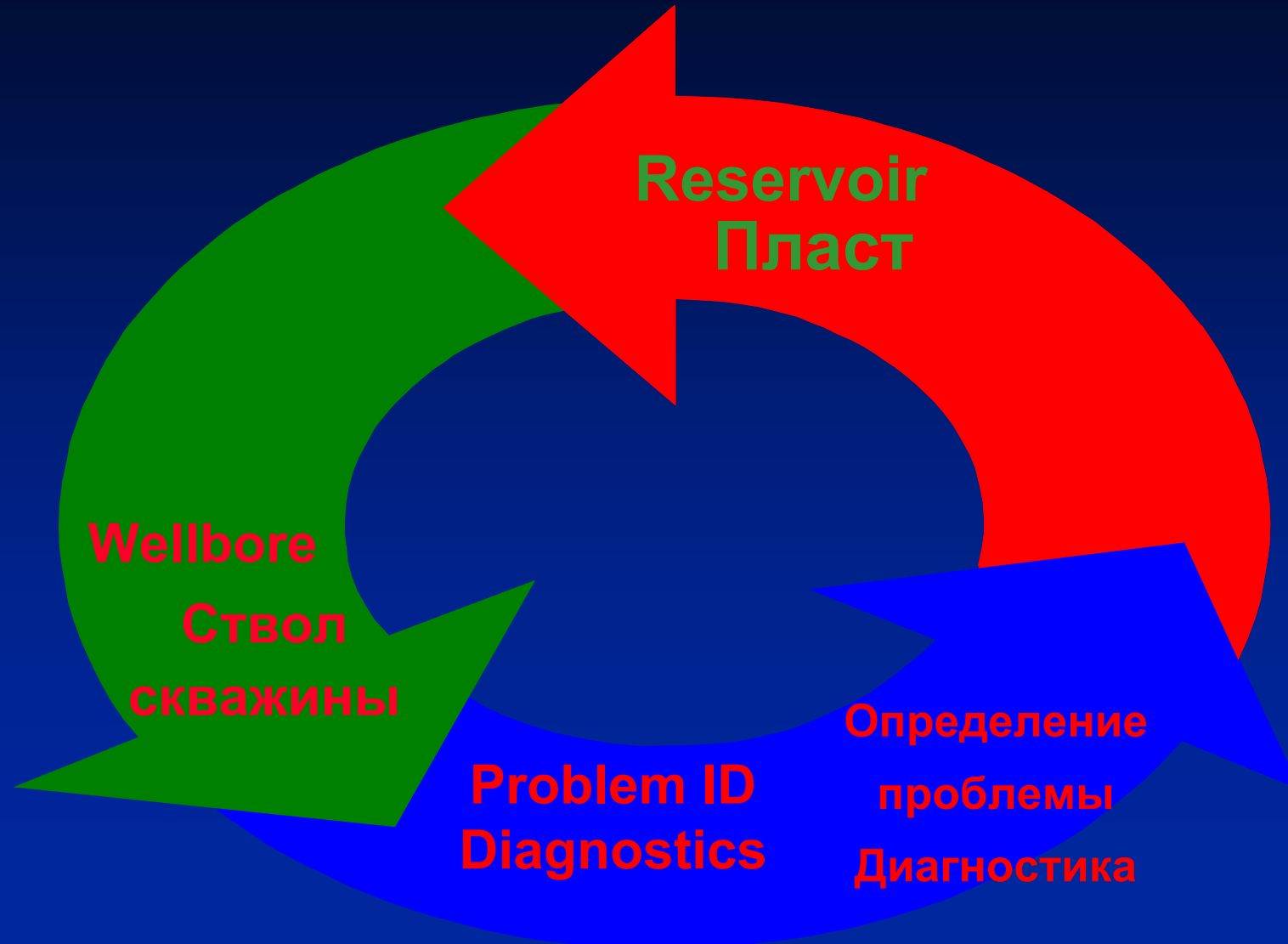
Matrix Матричный раствор



Fractures / Voids
Разломы / пустоты

Present Trend vs Process Elements

Текущая тенденция и элементы процесса



Steps in the Development of Optimum Solution

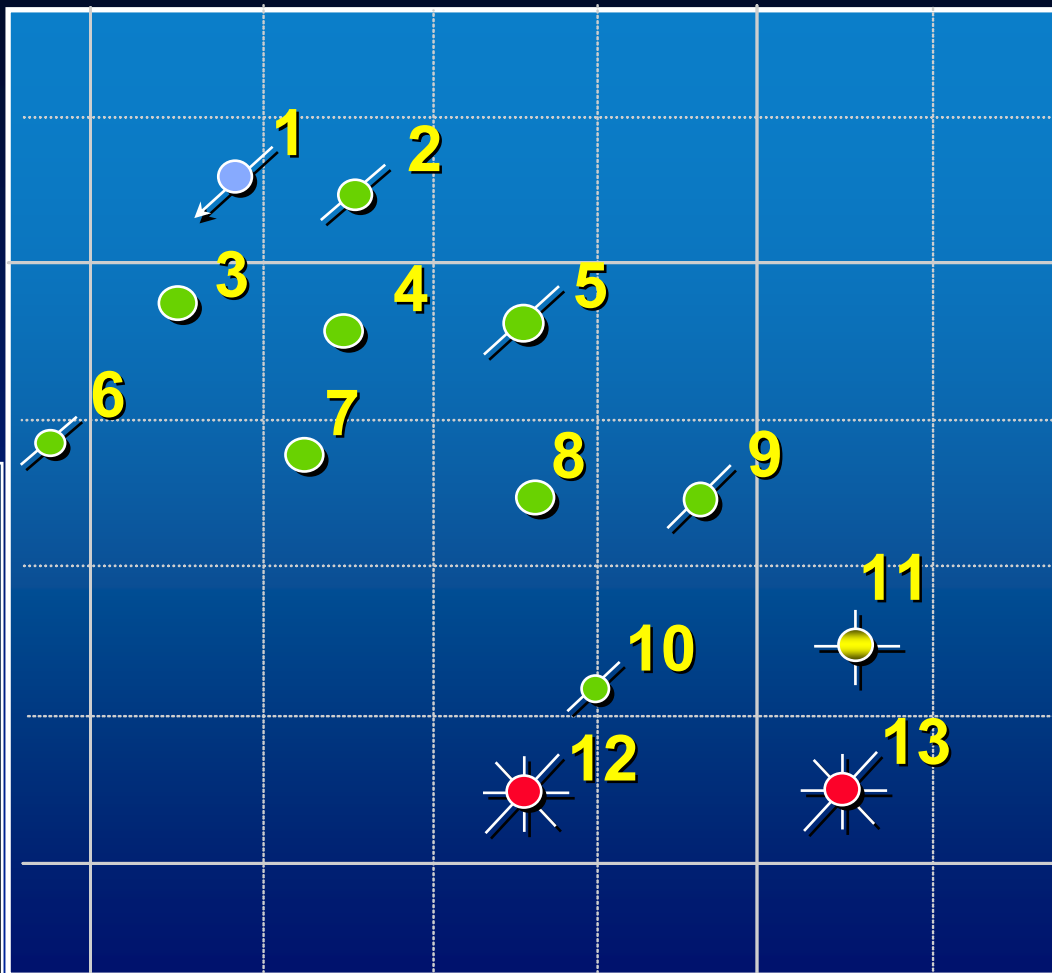
- Reservoir understanding of the fluid flow
- Problem identification using integrated appr.
- Candidate selection
- Diagnostics and testing
- Treatment design and justify expenditures
- Execution of the job
- Post job evaluation for improvement

Этапы выработки оптимального решения

- Понимание течения флюида в пласте
- Выявление проблемы с помощью комплексного подхода
- Выбор кандидатов
- Диагностика и тестирование
- Проектирование работ и обоснование расходов
- Выполнение работы
- Оценка, проведенных работ с целью улучшения качества

Case History


Практический пример



LEGEND

-  Water Injector
-  Oil Well
-  Shut-in Oil Well
-  Shut-in Gas Well
-  Plug Abandoned

Скважины

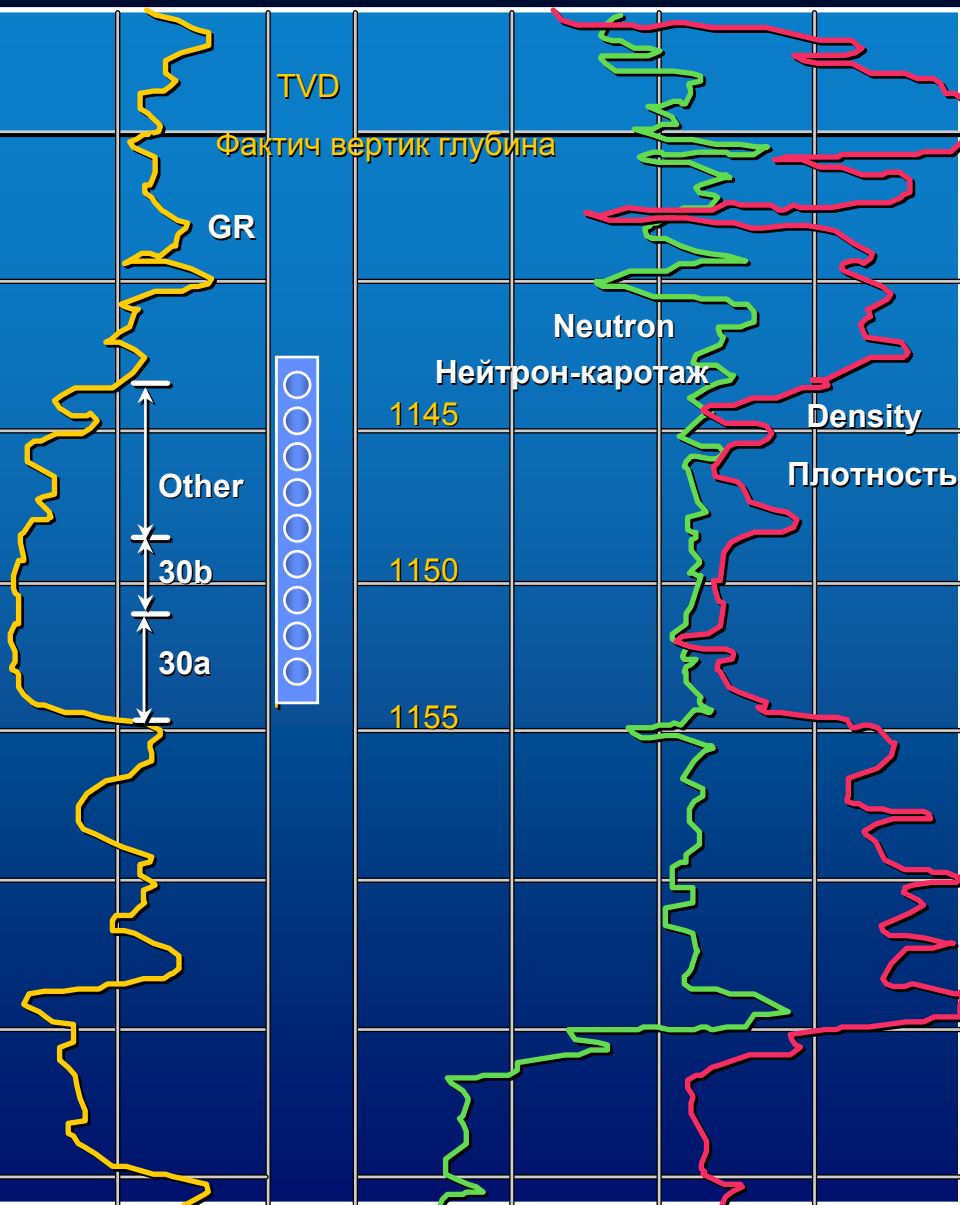
-  Водонагнетающая
-  Нефтяные
-  Нефтяные остановленные
-  Газовые остановленные
-  Ликвидирована с мостовой пробкой

Scale








Type Log Depositional Environment

Типокаротаж Условия осадконакопления



- Fluvial Аллювиальная зона
- Channel sequence Последовательность каналов
- Fining upwards Уменьшение зерен по восходяще
- 30a facies permeability ranges from
 - 30a: диапазон проницаемости фаций от:
 - 1 - 5 darcies дарси $K = 2.1$ darcies дарси
 - кв/эфф емкость пласта $k_v/k_h = 0.7$ $\emptyset = 26\%$
- 30b facies permeability ranges from
 - 30b: диапазон проницаемости фаций от:
 - 0.3 - 1.0 darcy дарси $K = 0.650$ darcy дарси
 - кв/эфф емкость пласта $k_v/k_h = 0.5$ $\emptyset = 24\%$
- Other facies permeability ranges from
 - Диапазон проницаемости прочих фаций от:
 - 0.3 - 0.7 darcies дарси $K = 0.550$ darcy дарси
 - кв/эфф емкость пласта $k_v/k_h = \text{Stratified}$ $\emptyset = 23\%$

LEGEND

-  Water Injector
-  Oil Well
-  Shut-in Oil Well
-  Shut-in Gas Well
-  Plug Abandoned

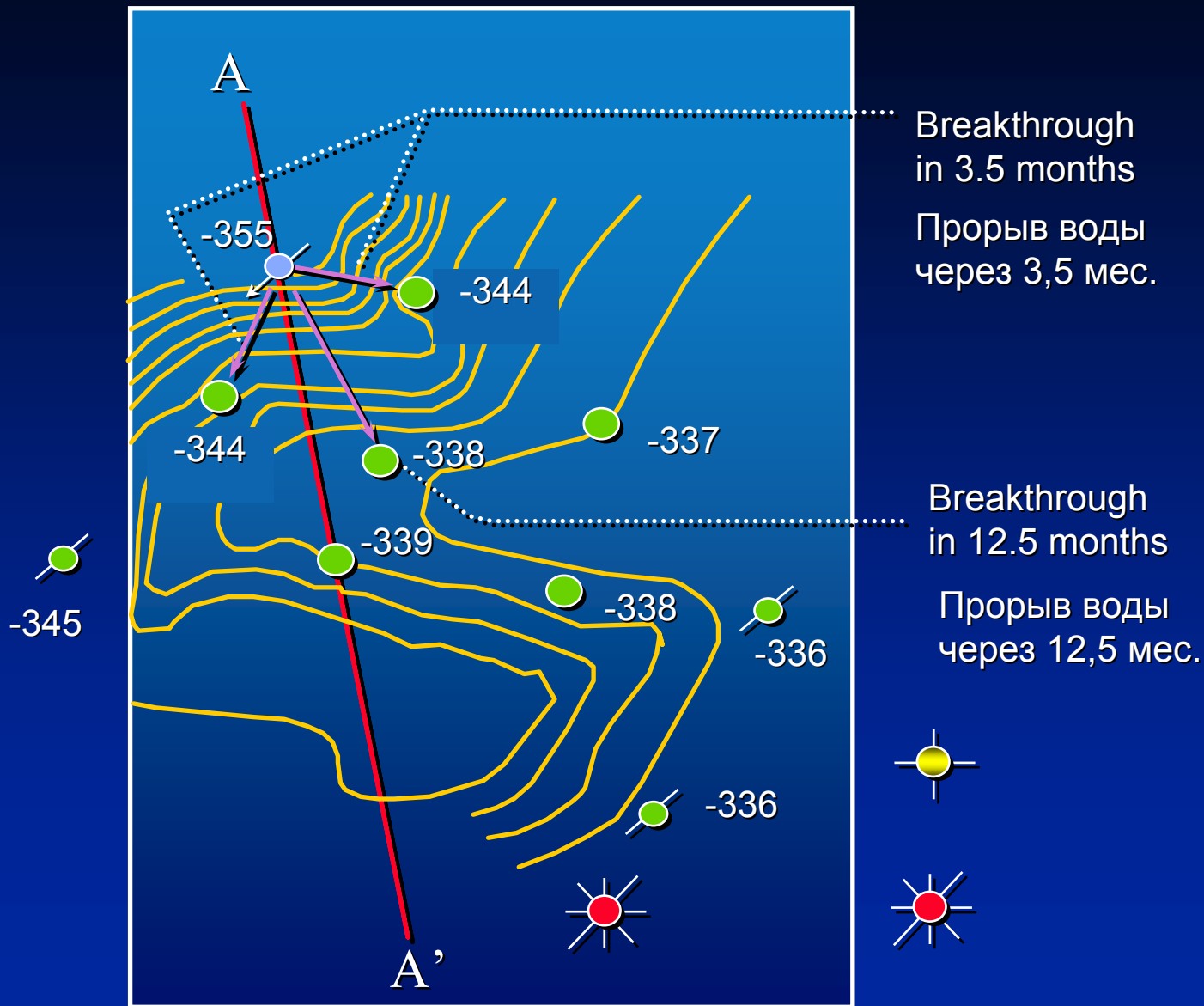
Contour Interval =
2 meters

Скважины

-  Водонагнетающая
-  Нефтяные
-  Нефтяные остановленные
-  Газовые остановленные
-  Ликвидирована с мостовой пробкой

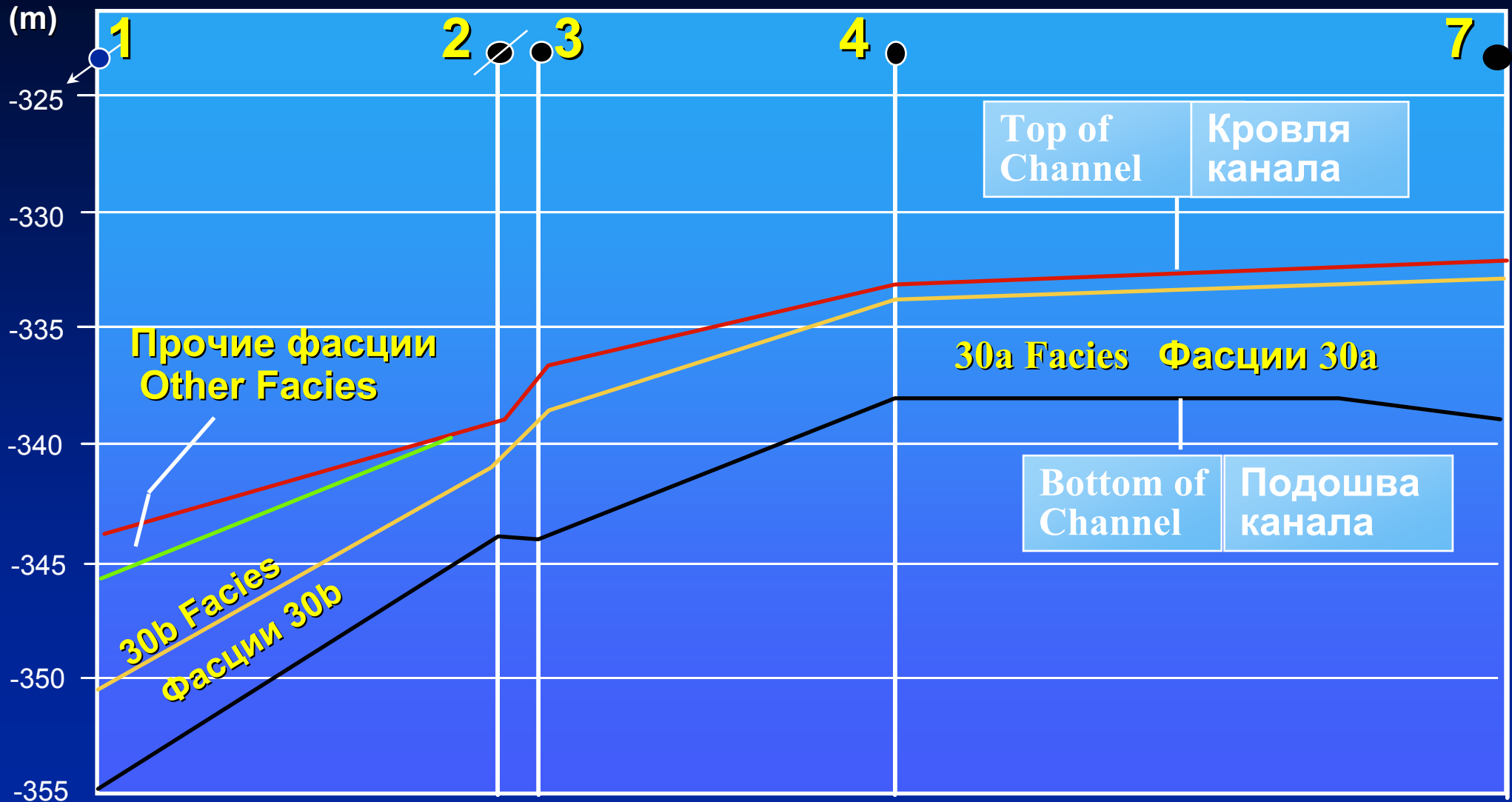
Сечение изолиний =
2 м

Structure on Base of Channel Структура основания канала



Structural Cross-Section A to A'

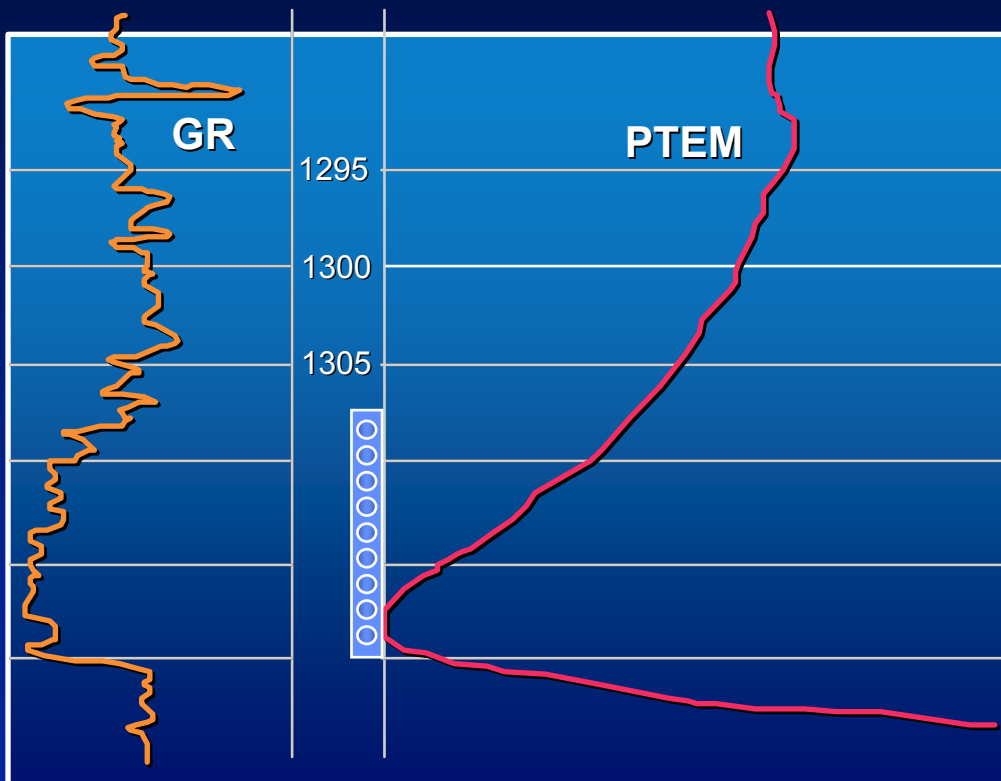
Геологический разрез А-А'



Injection Profiles Контуры заводнения

January 27, 1996

27 января 1996 г.



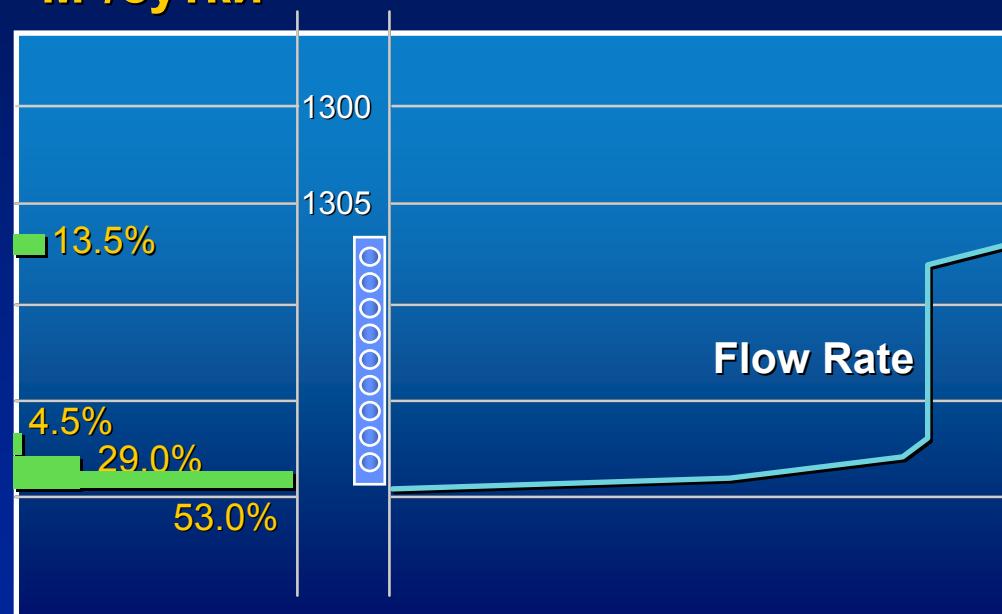
MD

Измеренная глубина

February 12, 1997

12 февраля 1997 г.

Total metered rate = 31.2 M³/day
Общий измеренный дебит = 31,2 М³/сутки

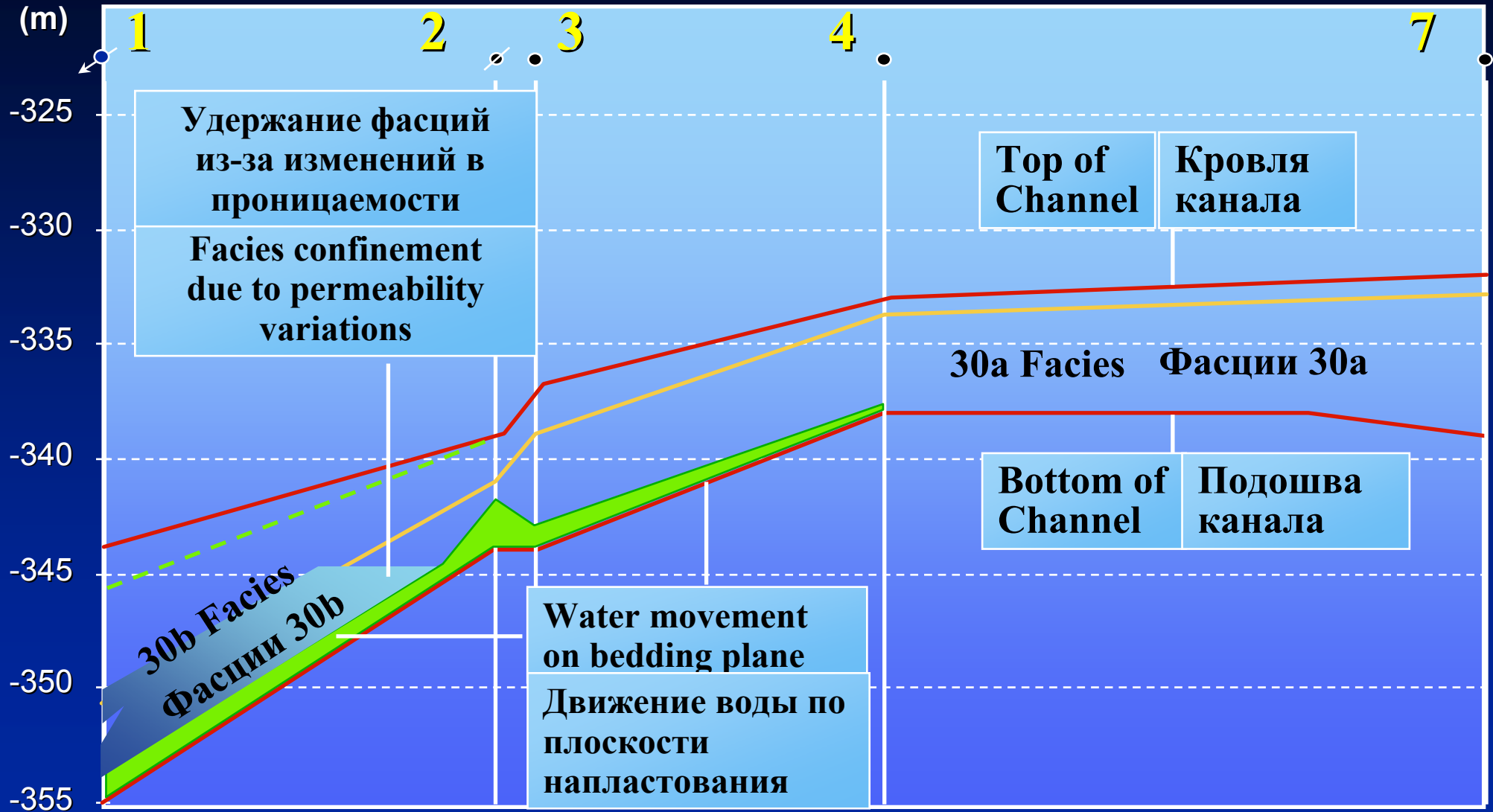


MD

Измеренная глубина

Water Movement Mechanisms

Механизмы движения воды



Why It Worked?

- Understanding of the reservoir aspect of the problem led to development of the solution
- Conformance technology based primarily on the merits of chemical products alone is difficult to justify and no longer applicable
- Focus shifted from single well to multi well
- From Well-bore focus to Reservoir focus

Почему это сработало?

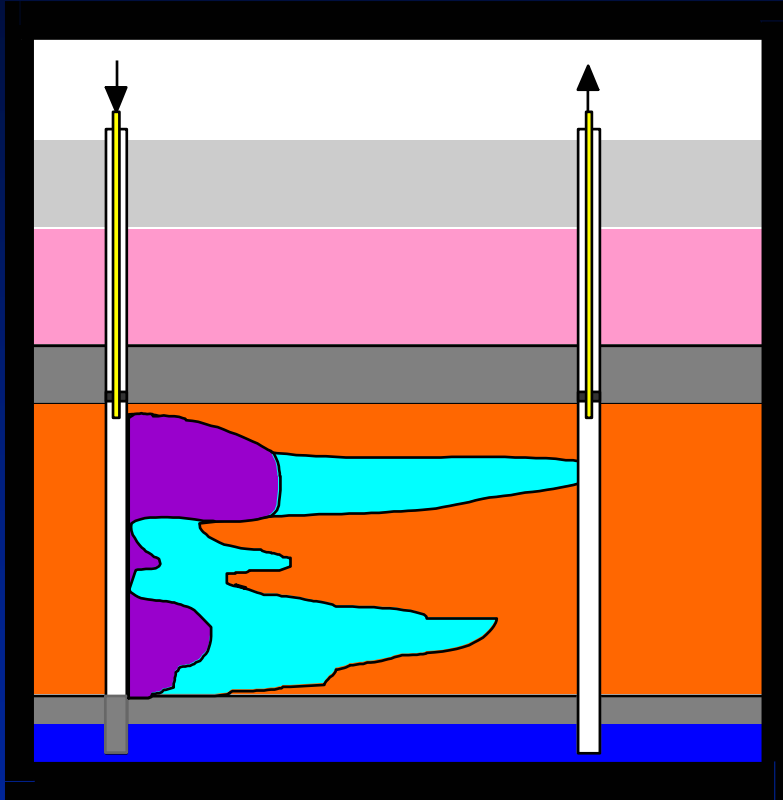
- Понимание геологического аспекта проблемы привело к выработке решения
- Технология охвата заводнением, основанная только на качестве химических продуктов, сложна с точки зрения обоснования и больше не используется
- Переключение внимания с одноствольной на многоствольную скважину
- Переключение внимания со ствола скважины на пласт-коллектор.

Operator's Challenge:

Delay Water Breakthrough at Producer

Задача оператора:

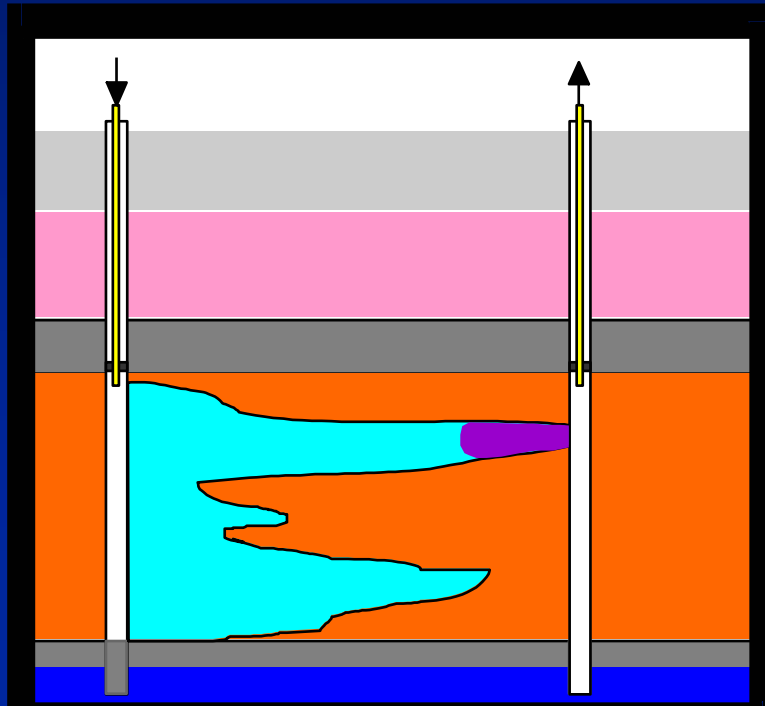
отсрочить прорыв воды на добывающей скважине



- Aim to improve sweep efficiency by modifying flood profile
- Inject slow acting gels at injection well
- Deep treatment - 100 to 1000 ft
- Production response likely to be slow
- Повысить эффективность вытеснения путем изменения контура заводнения
- Закачивать гель медленного действия в нагнетающую
- Глубина обработки – 100-1000 футов
- Рост добычи, вероятно, медленный

Operator's Challenge: Water Breakthrough at Producer

- Need to shut off water producing zone
- Inject gel into water producing perforations
- 10-30 ft radius
- Rapid reduction in water production
- Risk of water bypassing gel

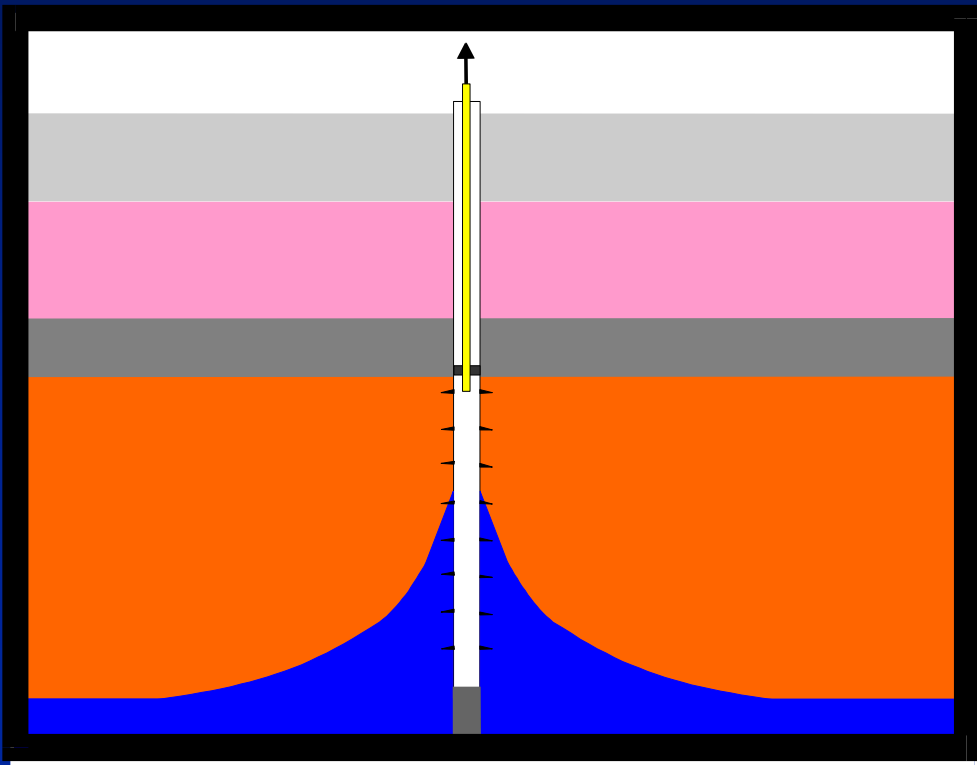


Проблема для оператора: прорыв воды на добывающей скважине

- Необходимо изолировать водоносную зону
- Закачивать гель в водоносные перфорированные интервалы
- Радиус обработки- 10-30 футов
- Быстрое снижение отбора воды
- Риск перепуска воды вокруг геля водой

Operator's Challenge: Water Coning

Проблема для оператора:
**конусообразование
(воды)**



- Gradual onset of water
- Persistent increase in water cut
- Exacerbated by high vertical permeability
- High drawdown accelerates onset

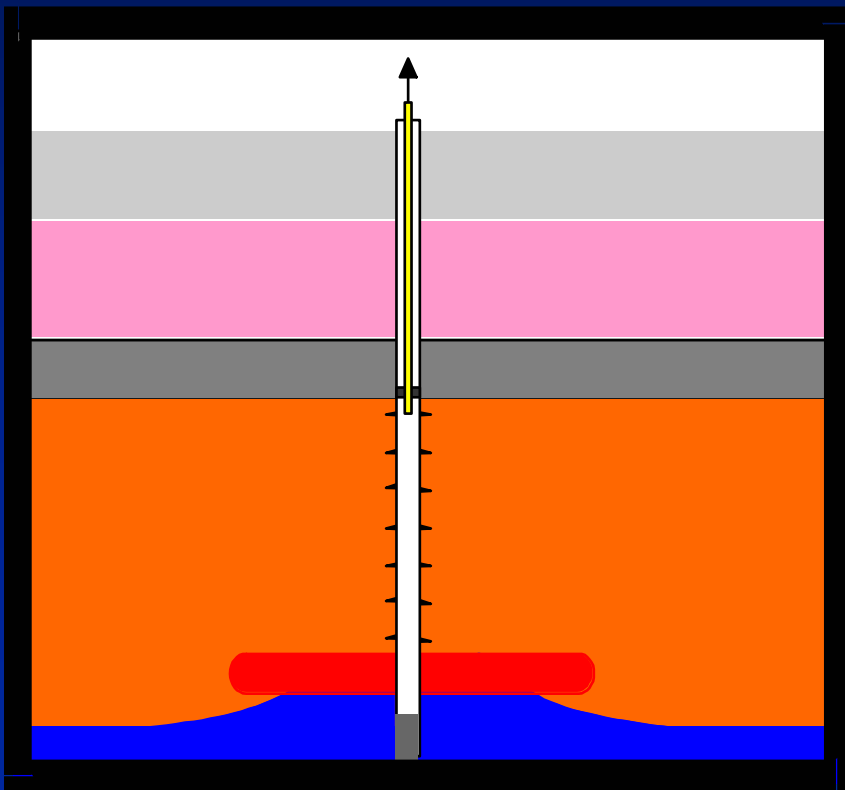
- Постепенный натиск воды
- Постоянный рост обводненности,
- при высокой вертикальной проницаемости
- Высокая депрессия ускоряет натиск

Solution:

Shut off the water cone

Решение:

ИЗОЛЯЦИЯ ВОДНОГО конуса



- Sealant placed to create a low permeability barrier
Larger radius of treatment permits higher drawdown pressures

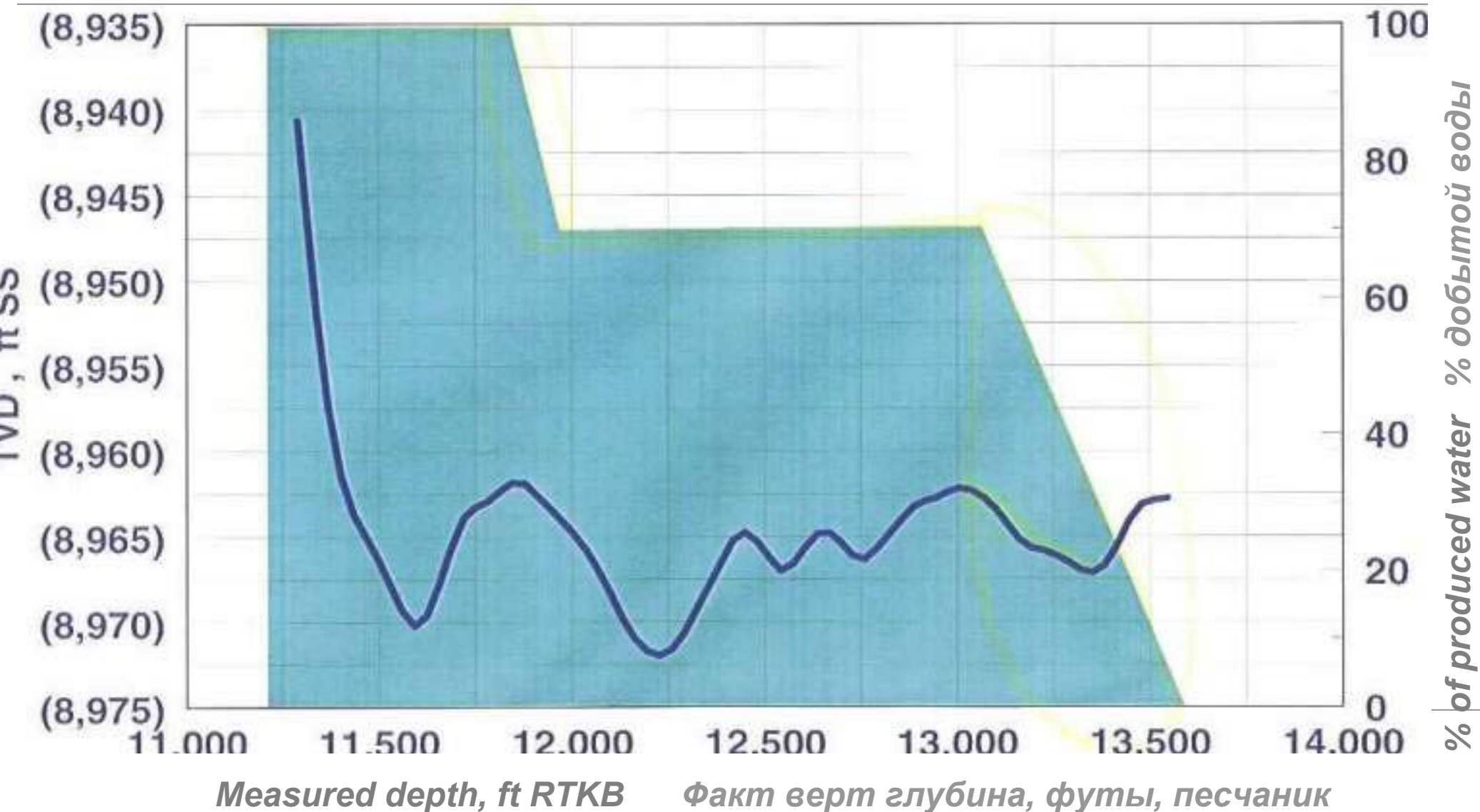
- Применить пасту-герметик для создания малопроницаемого барьера. Большой радиус обработки увеличивает перепад давлений (депрессия)

Water Coning Конусообразование (воды)

Well Dy-3A, subzone BII 2000 ft LRH Producer

RST/WFL Results (31st Dec. 1999)

Скважина Dy-3A, подзона BII. Длина ствола (LRH) добывающей 2000 футов

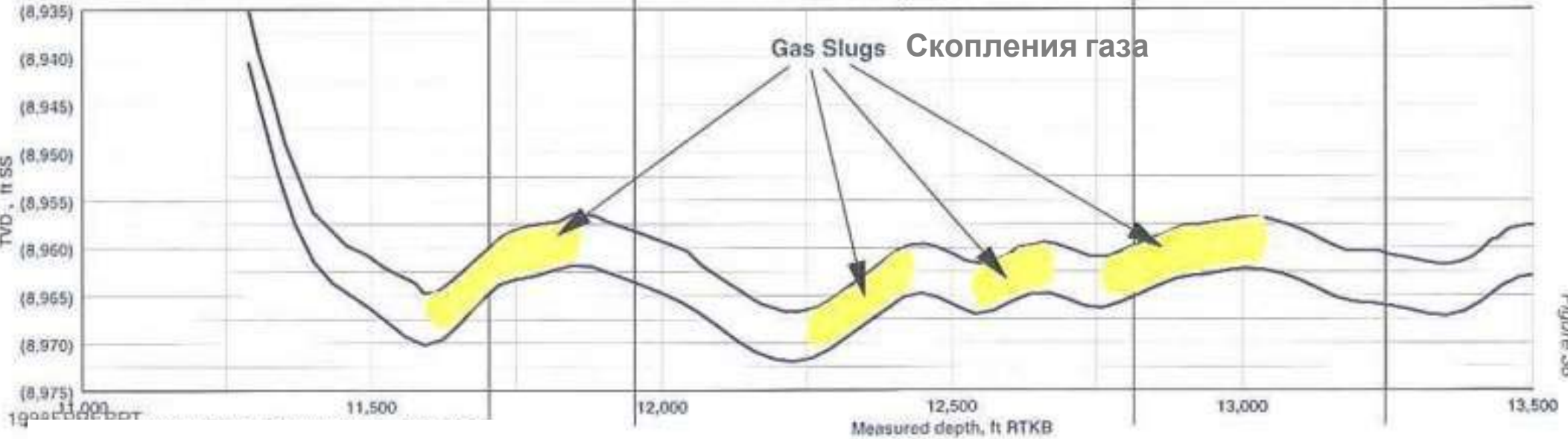
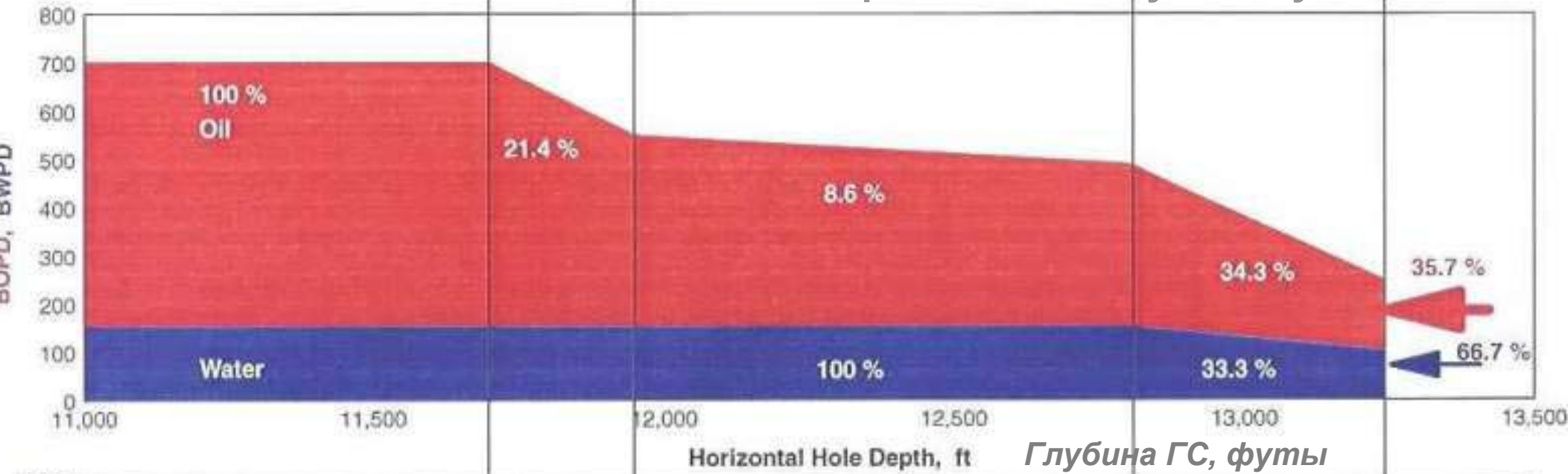


Dy-3, 2000 ft LRH into BII

Распределение по

Contribution across the horizontal hole

горизонтальному стволу (ГС)



6238 ft

50 ft

6288 ft

5 ft

6293 ft

137 ft

6430 ft

Upper Low Permeability Zone

Верхняя зона низкой проницаемости

SUPER K

Lower Low Permeability Zone

Нижняя зона низкой проницаемости

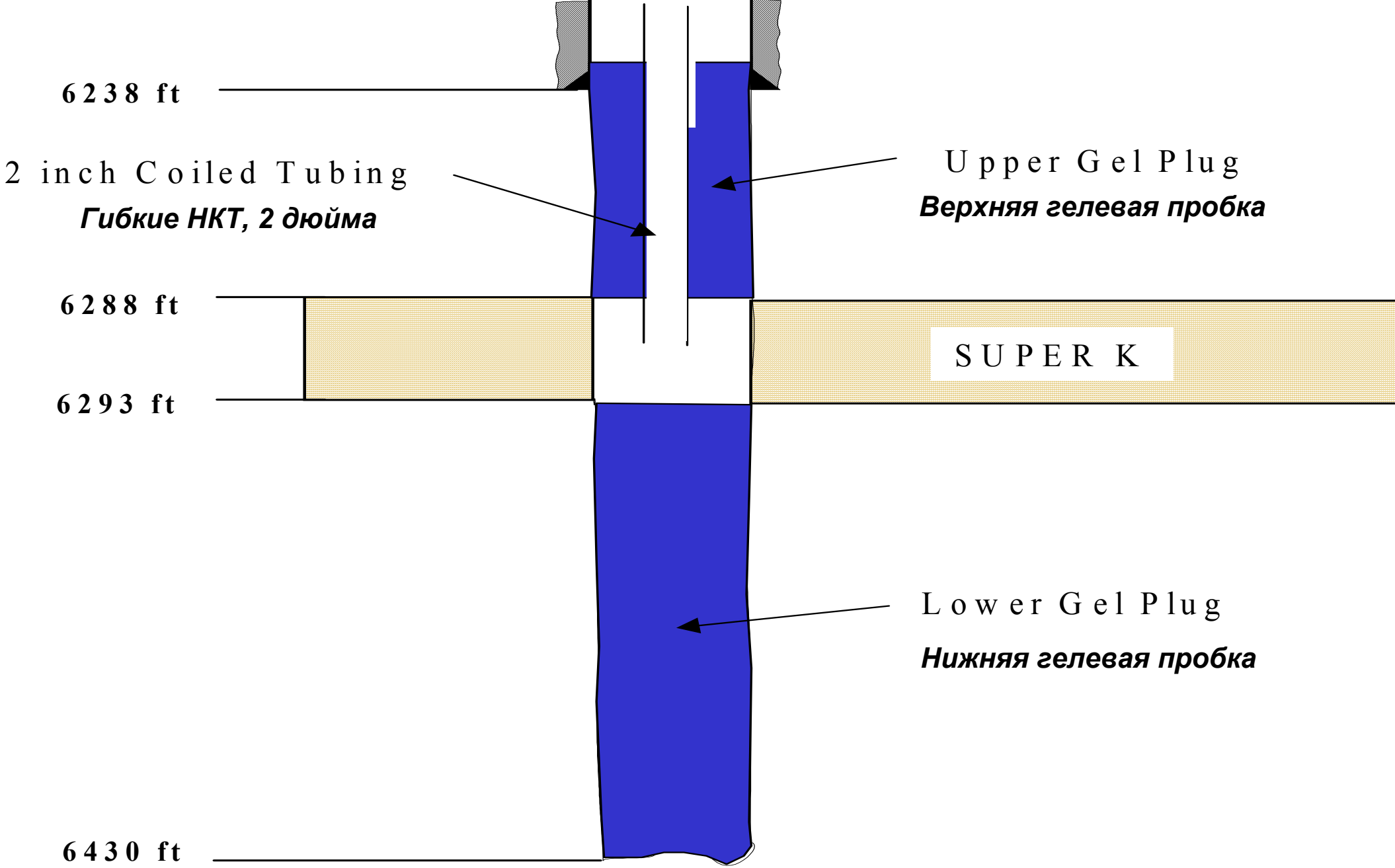
Данные по заканчиванию:

Completion Data:

Casing Size	Shoe at
18 5/8"	650 ft
13 3/8"	2040 ft
9 5/8"	3505 ft
7" liner	1614 ft - 6239 ft

Tubing size: 7×4 1/2 ×3 1/2
X-over at 1517 ft and 5969 ft

Schematic of the openhole section of well



6238 ft

2 inch Coiled Tubing
Гибкие НКТ, 2 дюйма

Upper Gel Plug
Верхняя гелевая пробка

6288 ft

SUPER K

6293 ft

Lower Gel Plug
Нижняя гелевая пробка

6430 ft

Placement of the temporary gel plug to protect the low permeability zones above and below the super K.

More Case Histories & Reference

- 2 vertical cased holes; wc reduced from 71% to 0.9%, & from 72% to 3.4%. SPE 85329
- Proactive: wc 9% instead of 30% to 70%+
- Horizontal open hole: wc from 81% to 70%, oil increase 25%. SPE 81447 and SPE 72291
- Other successful jobs and papers presented in Bahrain, India, UAE, Malaysia, Egypt, Saudi, North and South America.

Примеры и ссылки

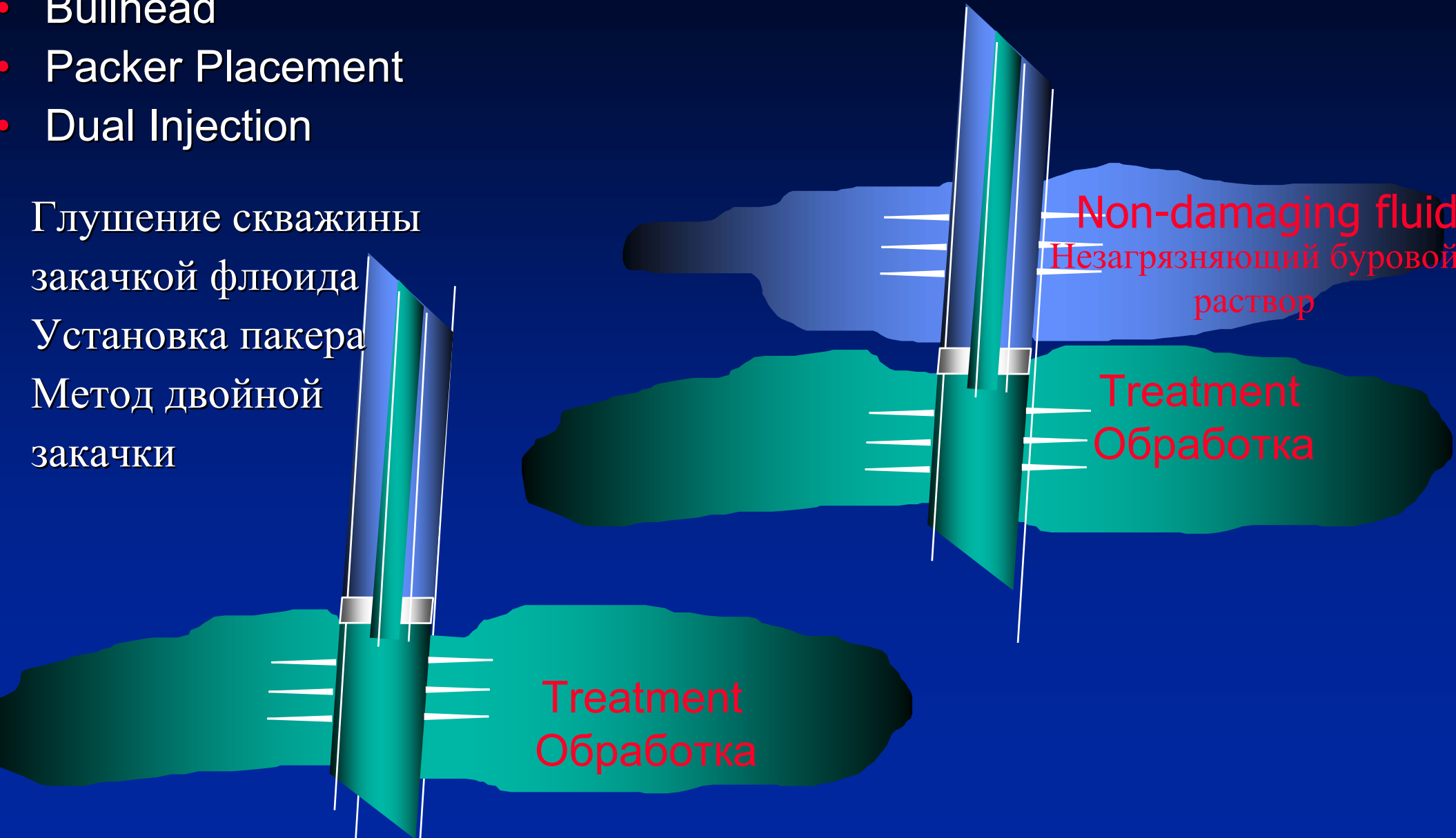
- 2 вертикальных обсаженных ствола; обводненность снизилась с 71% до 0.9%, и с 72% до 3.4%. SPE 85329
- Предупредительные меры: обводненность 9% вместо 30% до 70%+
- Горизонтальный необсаженный ствол: обводненность с 81% до 70%, увеличение добычи нефти на 25%. SPE 81447 и SPE 72291
- Другие успешные работы и материалы представлены в Бахрейне, Индии, ОАЭ, Малайзии, Египте, Саудовской Аравии, Северной и Южной Америке.

Emerging Placement Techniques

Новые методы изоляции

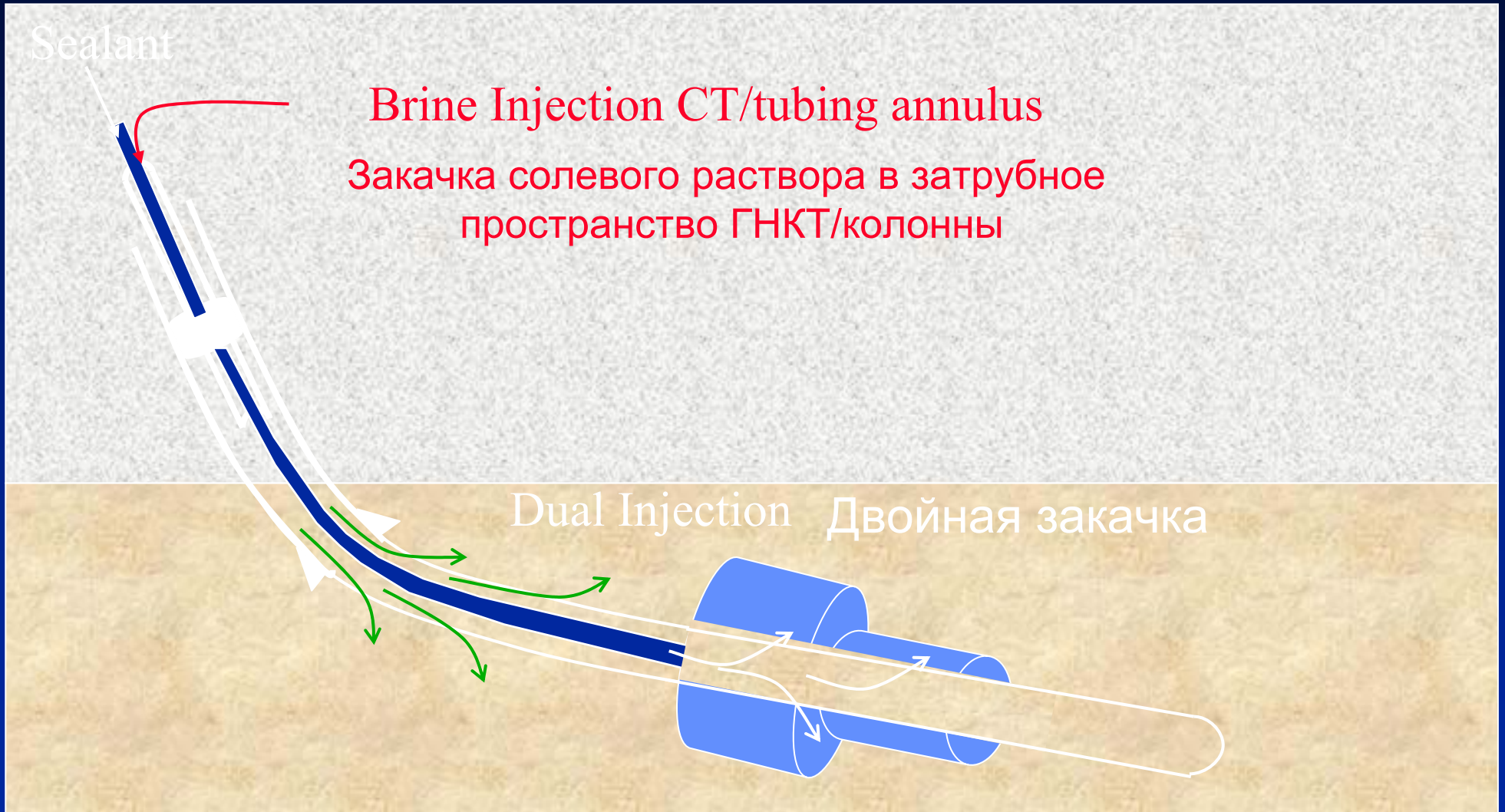
- Bullhead
- Packer Placement
- Dual Injection

Глушение скважины
закачкой флюида
Установка пакера
Метод двойной
закачки



Bull Heading through CT Combined with Dual Injection

Глушение скважины через гибкие НКТ в сочетании с двойной закачкой



Chemical and Inflatable Packer

Химический и надувной пакеры



Emerging Systems

Mechanical System

- Bridge plug, packers, straddles, expandables, swell packer

Cement System and Combination

- Normal, micro fine, diesel based, foamed, acid soluble systems, or combination of cement and gel, or filler systems

Cross-linked System

- Metallic or Organic cross-linker, foamed gel

Instant and Fast Set System

- Temp activated, right angle set, high strength, 100% soluble

Non-damaging Cross-linked System

- Gel plugs, soluble and 100% regained permeability

Relative Perm Modifiers

- Developing system, can be bull-headed

Новые системы

Механическая система

- Мостовые пробки, пакеры, разобщающие (сдвоенные) пакеры, расширители, разбухающий пакер

Система цементирования и комбинация

- Нормальная, микро тонко-дисперсионная, на основе дизельного топлива, вспененная, кислоторастворимые системы или комбинация цемента и геля, или системы наполнителей

Системы мгновенного и быстрого крепления

- Темп. активированные, крепление под прямым углом, высокая прочность, 100% растворимость

Сшитые системы

- Металлический или органический сшиватель, вспененный гель

Безвредная сшитая система

- гелевые пробки, растворимая и 100% восстановленная проницаемость

Модификаторы относительной проницаемости

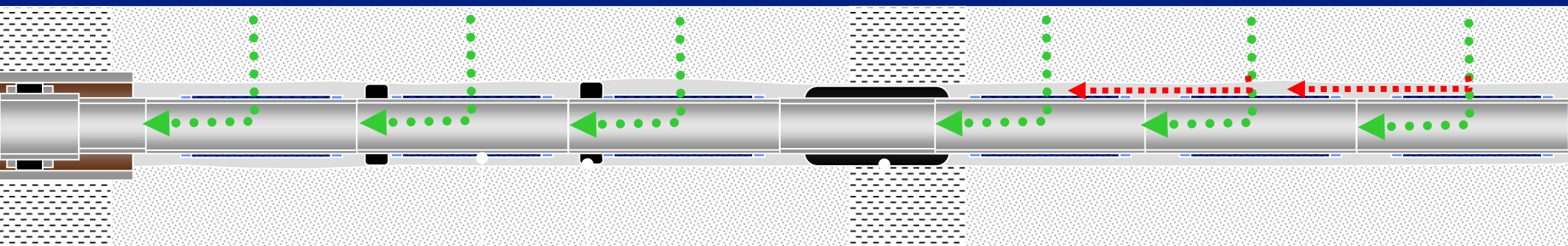
- Разрабатываемая система, может оказаться неуместной

Modular slide-on packer Модульный скользящий пакер

Diverts annular flow
Отклоняет течение в затрубном пространстве

Protects sand screens
Защищает песчаные фильтры

Also Water Injectors
А также водо-нагнетательные скважины



Sand screens

Constrictor

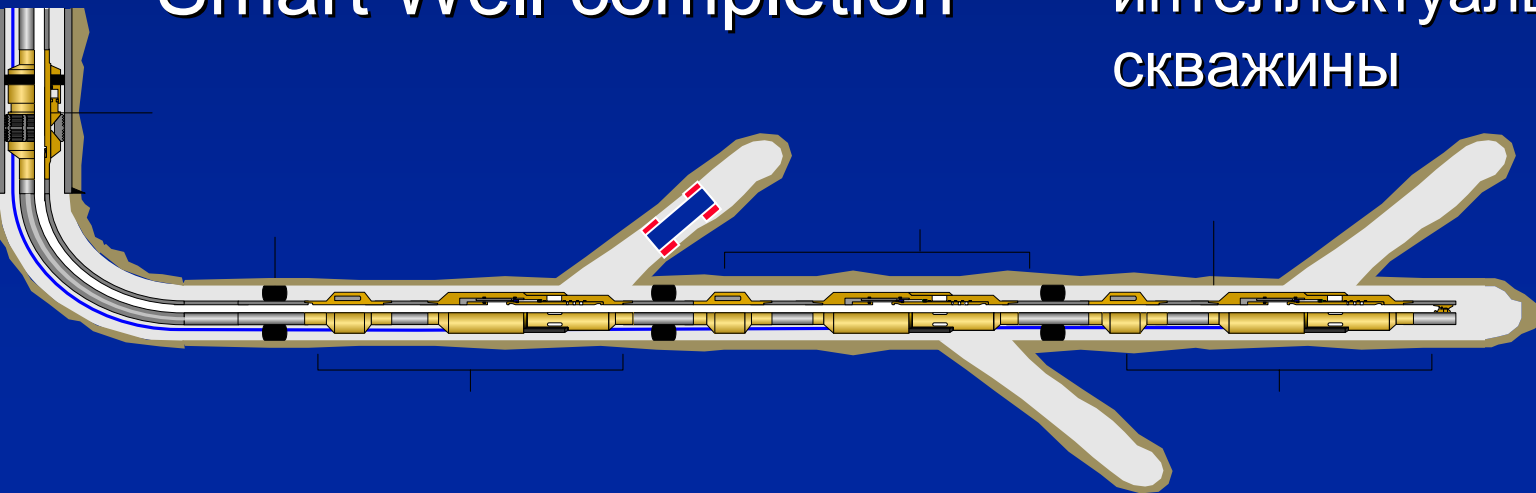
Swell Packer

Solution

- Max reservoir contact MLT
- Open hole
- Kick off in open hole
- Swell Packer with spliceless feedthrough
- Savings equivalent to Smart Well completion

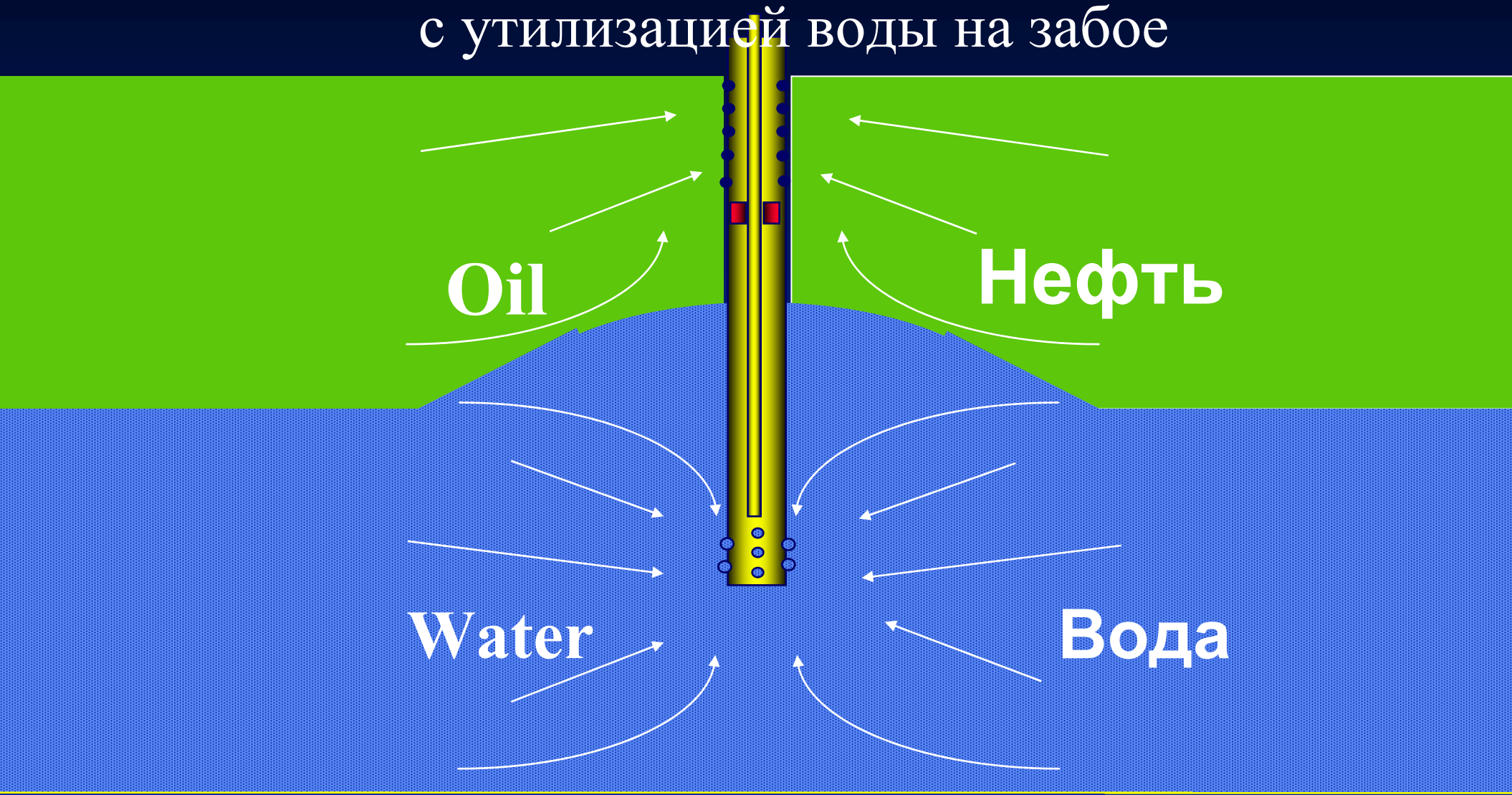
Решение

- Макс. контакт коллектора MLT
- Необсаженный ствол
- Уход забоя от вертикали в необсаженном стволе
- Разбухающий пакер с не состыкованным переходником
- Экономия ресурсов приравнивается к технологии интеллектуального заканчивания скважины



Water Coning Control with Water Sink Completion

Контроль конусообразования: заканчивание скважины с утилизацией воды на забое



DHOWS

Down Hole Oil
Water Separator

Hydro cyclone process

внутрискважинный
сепаратор для
разделения нефти и
воды

Гидроциклонный процесс

DHOWS

- Total of 90 installations w/w 1994-2000

Всего 90 установок в период 1994-2000

- Selection of candidate is challenging

Необходимо 2 зоны, одна для добычи, а другая для нагнетания

- Need 2 zones, one for producing & other for injection

Необходимо поддерживать 2 зоны одновременно

- Need to maintain 2 zones simultaneously

Необходимо поддерживать 2 зоны одновременно

- Injection zone needs stimulation for maintenance, more than production zone

Для сохранения характеристик зоны нагнетания ее необходимо стимулировать больше, чем зону добычи

- Oil droplets plug the injection zone

Капли нефти перекрывают зону нагнетания

- Static Hydro-cyclone process is being used

Используется статический гидроциклонный процесс

- Rotating centrifugal separator is being tested

- Тестируется вращающийся центробежный сепаратор

3 different technologies being evaluated

Оценивались 3 различные технологии

Some limitations are in place: Наблюдаются некоторые ограничения:

Water cut more than 50%

Обводненность более 50%

Oil gravity more than 20 deg API

Плотность нефти выше 20 гр API

Gas less than 10%

Газ менее 10%

No scale

Солеотложения отсутствуют

Disposal zone with low injection pressure, good injectivity, hydraulic isolation, porosity, permeability, fractures, lithology (clays), heterogeneity, water compatibility, low oil concentration, sanding, etc.

Зона сброса отличается низким давлением нагнетания, хорошей приемистостью, гидравлической изоляцией, пористостью, проницаемостью, трещинами, литологией (глины), неоднородностью, совместимостью вод, низкой концентрацией нефти, выпадением песка и тд.

Qualitative analysis of DOWS failures shows that injection zones should be given more attention

Качественный анализ поломок DOWS показал, что большее внимание следует уделить зонам нагнетания

DOWS performance – Risk versus basic lithology
Показатели работы DOWS – Риск и основная литология

		Injection Zone		
		Carbonate	Consolidated Sandstone	Unconsolidated Sandstone
Production Zone	Carbonate Карбонаты	L	M	M/H*
	Consolidated Sandstone Конс. песчаник	M	M	M/H*
	Unconsolidated Sandstone неконсл. песчаник	H	H	H

Увеличение риска в верхних зонах нагнетания с неконсолидированным песчаником
* Risk increases in uphole unconsolidated SS injection zone configurations

RPM System

Система сепарации (поддержание давления пласта)



Oil / Water separation in the reservoir...

Отделение нефти от воды в пласте...

...for improved production and well life extension

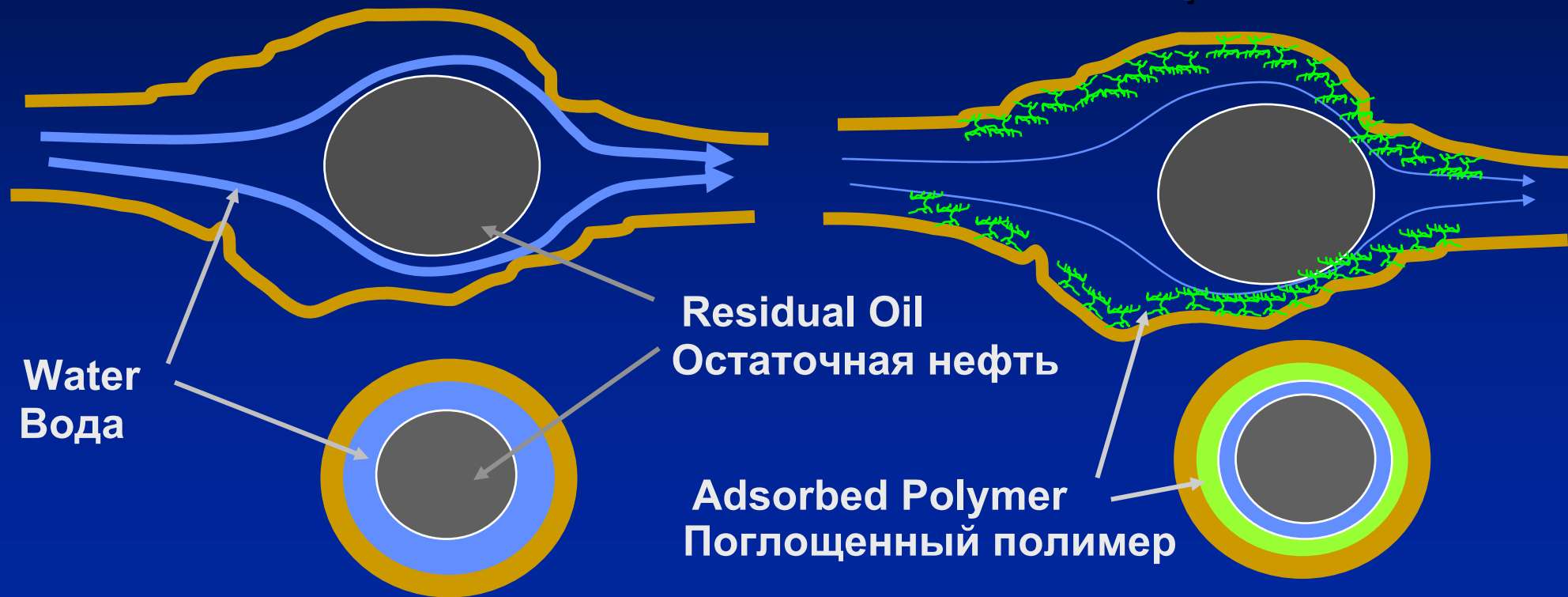
...для повышения добычи и продления срока эксплуатации скважины

How does it work?

Реализация

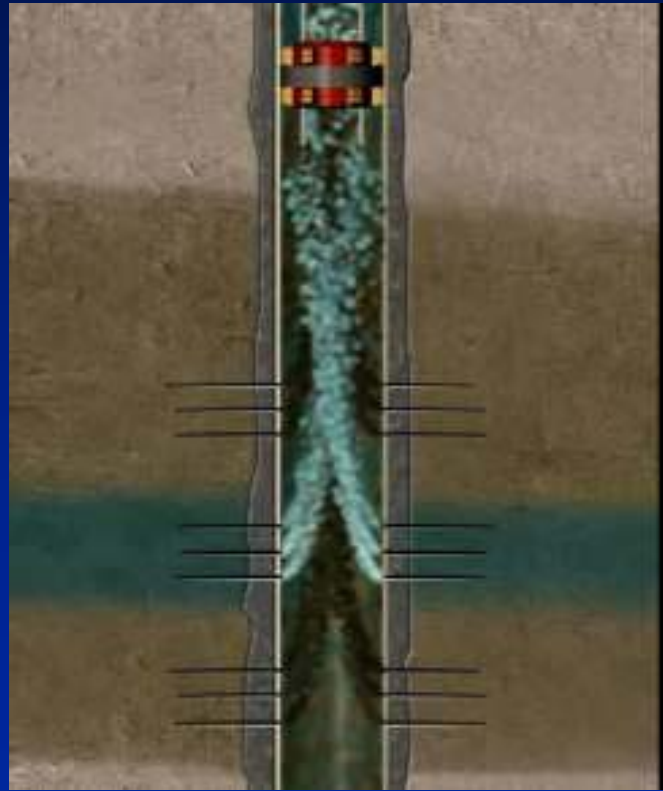
Before До

After Treatment
После обработки



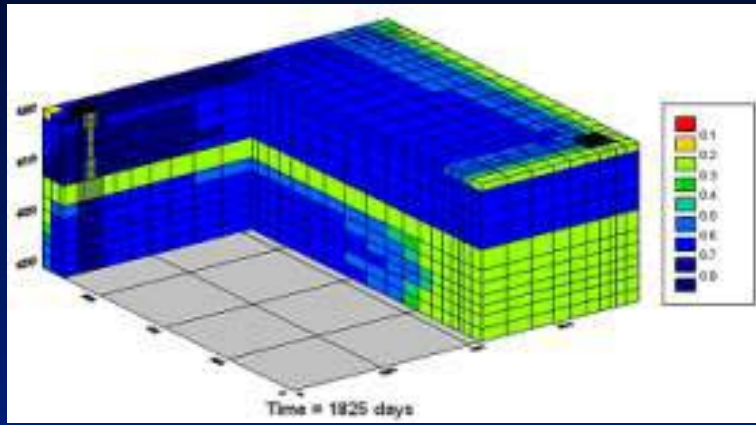
RPM in the Reservoir

Принцип работы сепаратора

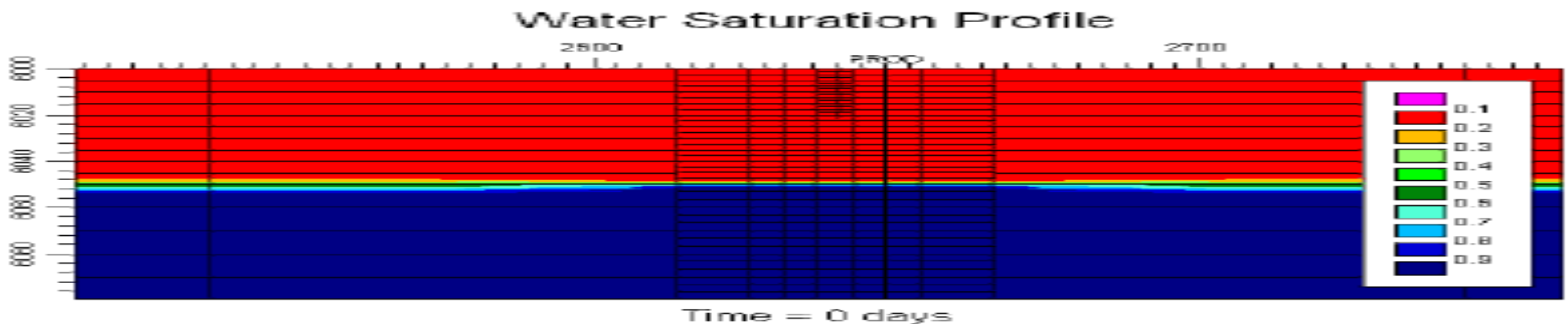


Fast Look Reservoir Simulator

Общий вид модели пласта



- Reservoir Characterization
- History Match
- Treatment Simulation
- Value Prediction
 - Характеристики пласта
 - Настройка модели
 - Моделирование работ
 - Прогноз показателей



Proactive: Conformance While Drilling

• Drillers: “Hole Problems Reaching Target”

- Tight spots
- Lost circulation
- Formation heaving
- Bore-hole breakout
- Fractured zones
- Hole collapse
- Excessive washouts

• Producers: “Holes Preventing Expected Delivery Rates”

- Sand production
- Water production
- Gas cap production
- Contain hazardous fluids
- Oil/Gas loss to thief zone
- Well intervention problems
- Unplanned smaller casing

Предупредительные меры: Учет во время бурения

• Буровые компании: “Проблемы достижения цели бурения”

- Места сужения
- Поглощение бурового раствора
- Поднятие пласта
- Раскрепление скважины
- Трещиноватые зоны
- Обвал на забое
- Чрезмерные размывы

• Добывающие компании:

“Скважины, препятствующие получению запланированных дебитов”

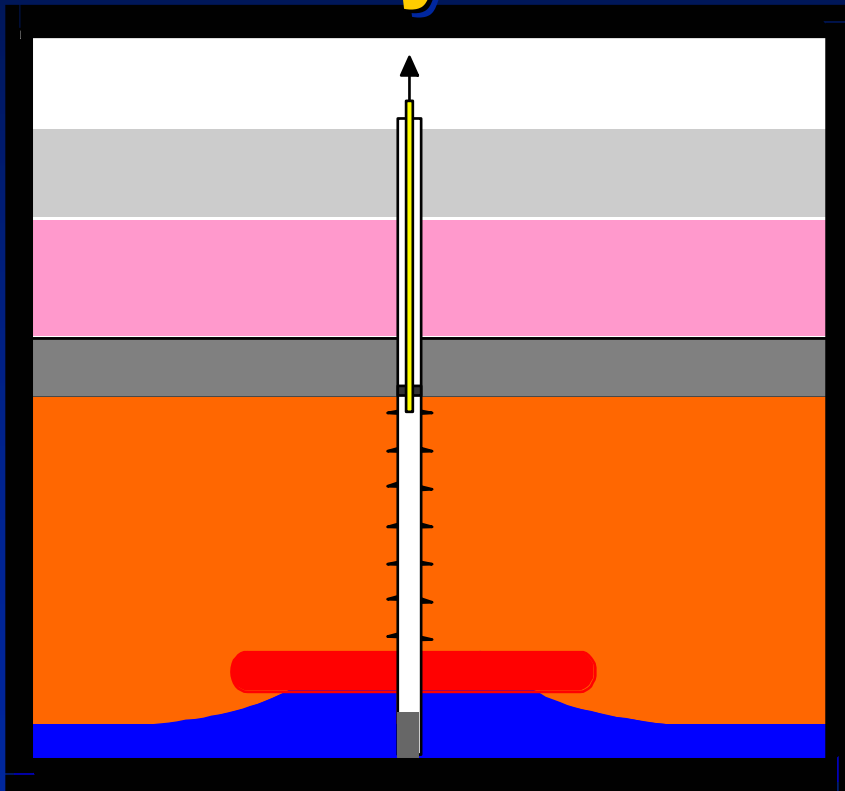
- Вынос песка
- Отбор воды
- Добыча в газонапорном режиме
- Содержание опасных флюидов
- Потери нефти/ газа в зону поглощения
- Проблемы подземного ремонта скважин
- Незапланированные мелкие работы по креплению скважин

Solution:

Shut off the water cone

Решение:

ИЗОЛЯЦИЯ ВОДНОГО КОНУСА

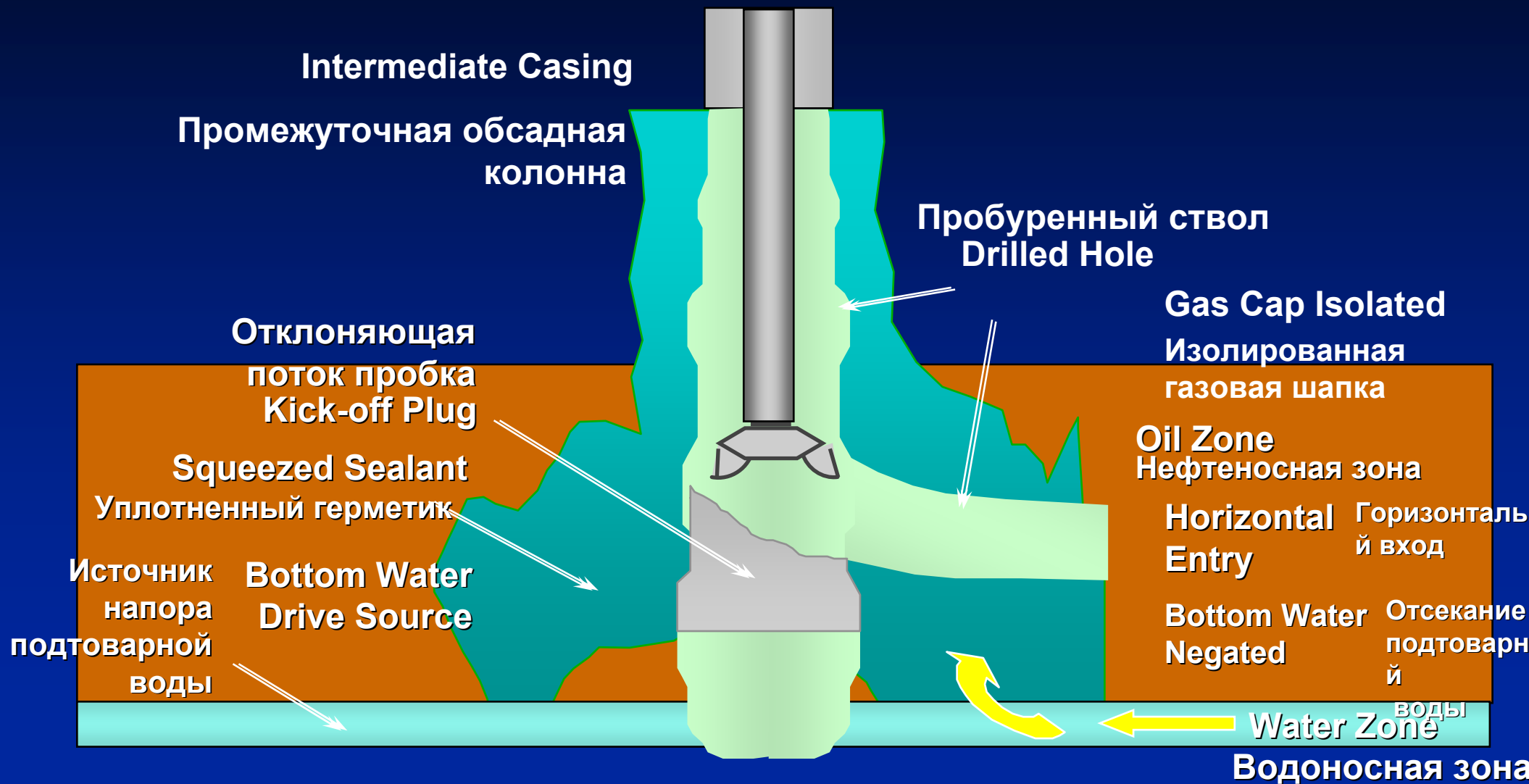


- Sealant placed to create a low permeability barrier
Larger radius of treatment permits higher drawdown pressures
- Применять пасту-герметик для создания малопроницаемого барьера. Большой радиус обработки увеличивает перепад давлений (депрессия)

Water Coning Конусообразование (воды)

In-situ Polymerizing Monomer Placement and Squeeze

Закачка монополимера и выпрессовка в естественном залегании



Conclusion and Summary

Выводы и обобщение

Reservoir Understanding Понимание свойств пласта

Problem Identification Выявление проблемы

Candidate Selection Выбор кандидатов

Diagnostics and Testing
Диагностика и тестирование

Treatment Design and cost
Проектирование работы и расчет затрат

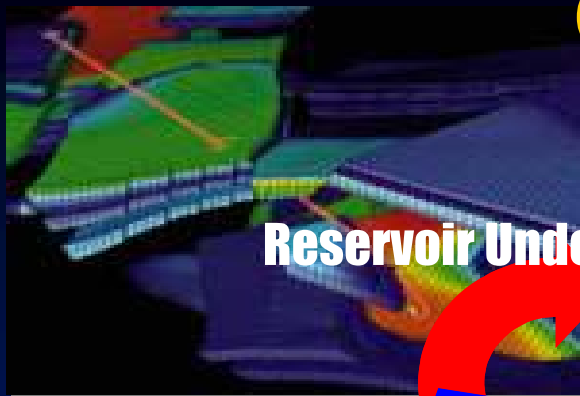
Job Execution
Реализация

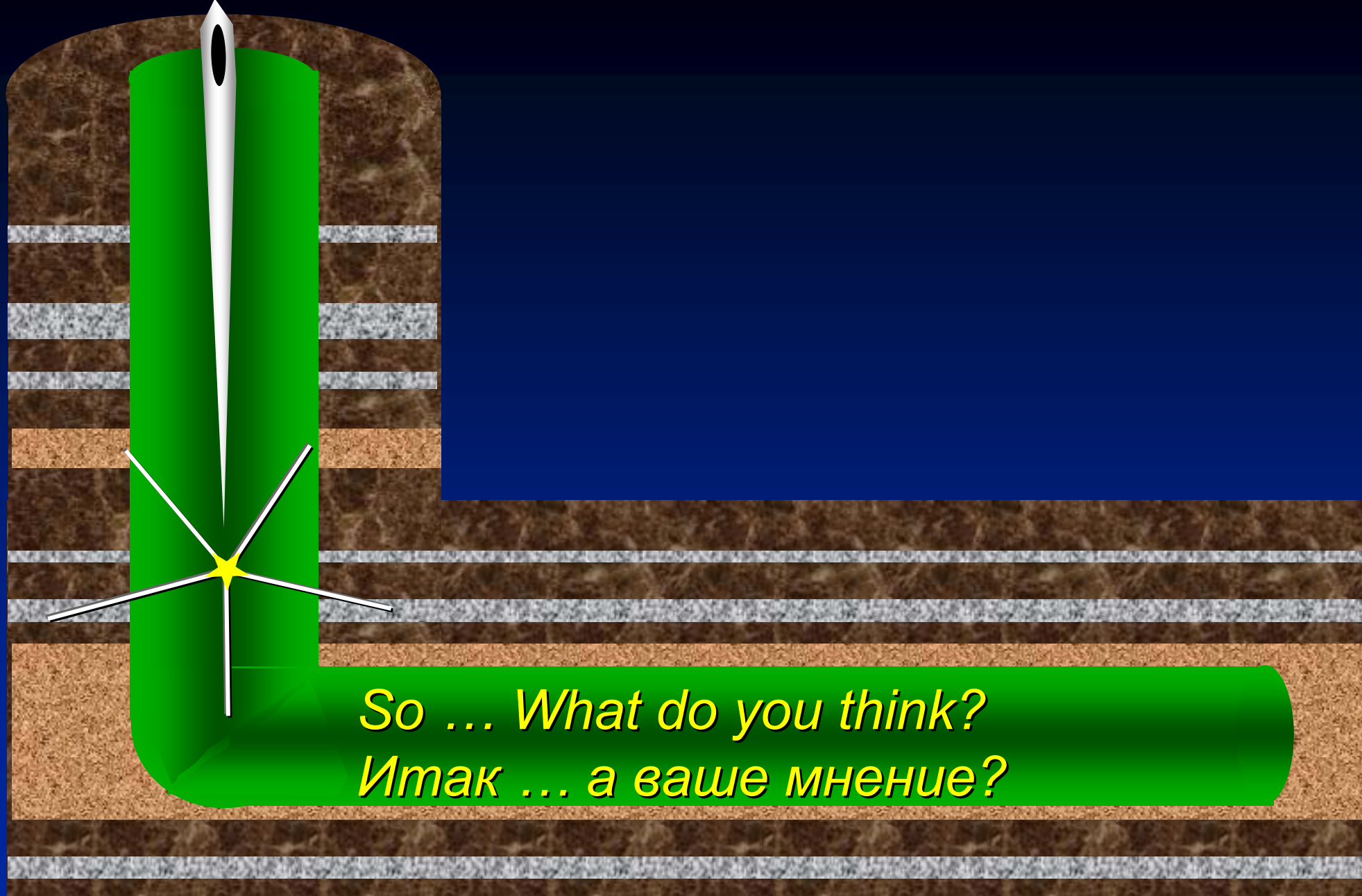
Evaluation /Review

Оценка/
анализ

**Emerging Placement
Techniques & Systems**

**Новые методы и системы
изоляции**





*So ... What do you think?
Итак ... а ваше мнение?*

Other WM Technologies

- DHOWS
- Down-hole Water Sink Completion (DWS)
- or Reverse Coning or Inverse Coning
- Horizontal wells

Другие технологии контроля водопрооявлений

- DHOWS
- Заканчивание скважин с утилизацией воды на забое (DWS)
- Реверсивное или инверсивное конусообразование
- Горизонтальные скважины