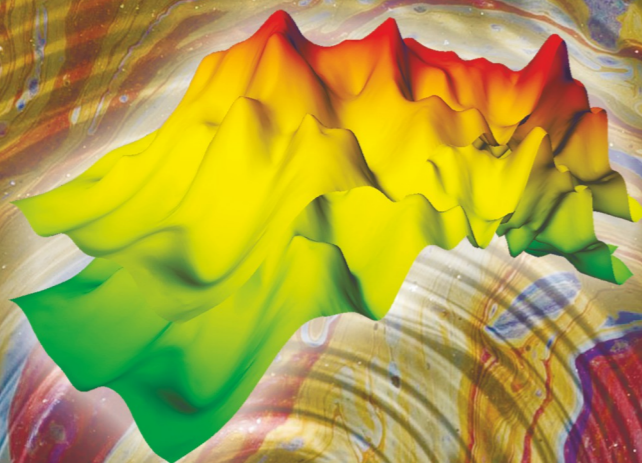


sofoil

**ИМПУЛЬСНО-КОДОВОЕ  
ГИДРОПРОСЛУШИВАНИЕ**



[www.sofoil.ru](http://www.sofoil.ru)



© SOFOIL 2012-2021



# ИМПУЛЬСНО-КОДОВОЕ ГИДРОПРОСЛУШИВАНИЕ

**Импульсно-Кодовое Гидропрослушивание (ИКГ)** является инновационной реализацией метода межскважинного гидропрослушивания, основанного на регистрации реакции давления в одной скважине на изменение режима работы другой скважины.

В отличие от классического гидропрослушивания, которое основано на однократном ступенчатом изменении дебита одной скважины и регистрации откликов в предварительно остановленных соседних скважинах, при ИКГ возмущение давления в пласте задается с помощью многократного изменения режима одной или нескольких генерирующих скважин работы по предрассчитанному сценарию, в то время как остальные скважины продолжают работать в штатном режиме.

Это формирует процесс распространения кодированного возмущения давления в пласте, что обеспечивает распознавание сигнала на реагирующих скважинах даже при наличии существенных помех на кривой давления.

Эта технология позволяет проводить мультискважинное гидропрослушивание в условиях сильной интерференции с окружающими скважинами, практически без потерь в добыче.

**Технологическую основу ИКГ** составляют современные математические алгоритмы распознавания кодированных данных, рост производительности мультипроцессорной вычислительной техники и высокая точность современных глубинных манометров и расходомеров.

## ПРЕИМУЩЕСТВА

- Одновременное сканирование группы скважин
- Сканирование без остановки реагирующих скважин
- Высокая устойчивость к помехам различной природы
- Ранняя диагностика осложнений

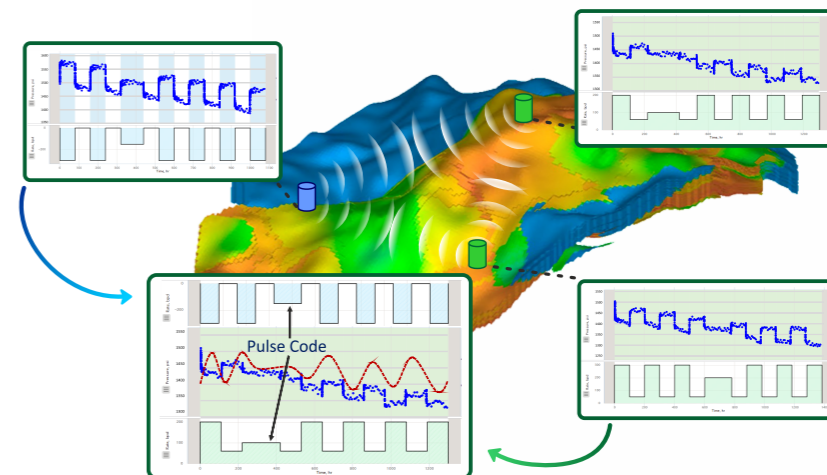
## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

### Оперативный анализ разработки:

- |  |  |
|--|--|
| #1. Выбор зоны для бурения и ЗБС                                 | #3. Планирование режимов скважин (увеличение/уменьшение отборов/закачки) |
| #2. Выбор приоритетных кандидатов для ГТМ (РИР, Стимуляция, ГРП) | #4. Контроль степени выработки при заводнении                            |

### Калибровка гидродинамической модели (ГДМ):

- |  |  |
|--|--|
| #5. Выявление трещин автоГРП и их параметров | #8. Моделирования расчлененности разреза |
| #6. Локализация барьеров и зон выклинивания  | #9. Оценка проницаемости пласта          |
| #7. Ранняя диагностика осложнений            | #10. Оценка сжимаемости пласта           |

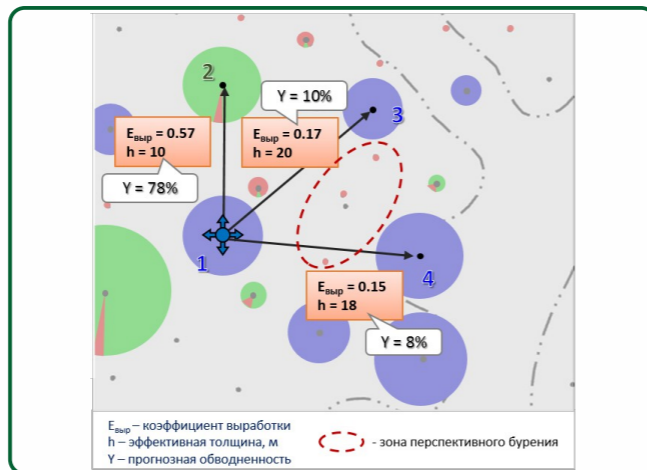


# ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ: Оперативный анализ разработки

## #1 – Выбор зоны приоритетного бурения и ЗБС

Интервал гидропрослушивания 1 → 2 имеет тенденцию к снижению гидропроводности и высокой степени промытости, что дисквалифицирует эту зону как кандидата для бурения новой скважины.

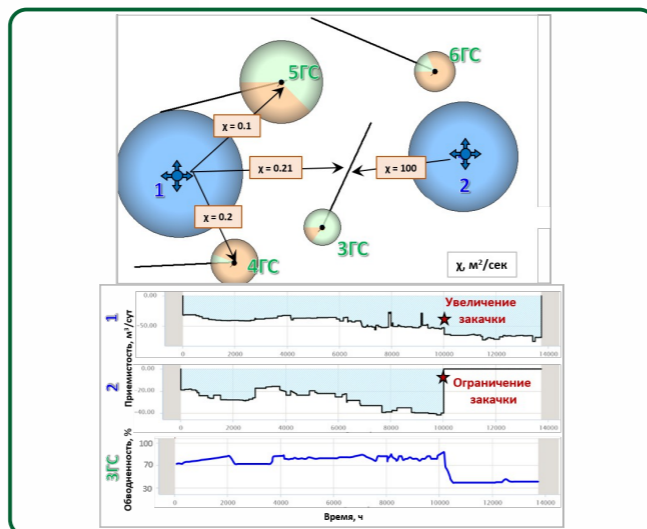
Интервалы гидропрослушивания 1 → 3 и 1 → 4 имеют тенденцию к высокой гидропроводности и низкой степени промытости, что квалифицирует эту зону, как кандидата для бурения новой скважины.



## #2 – Планирование режимов скважин

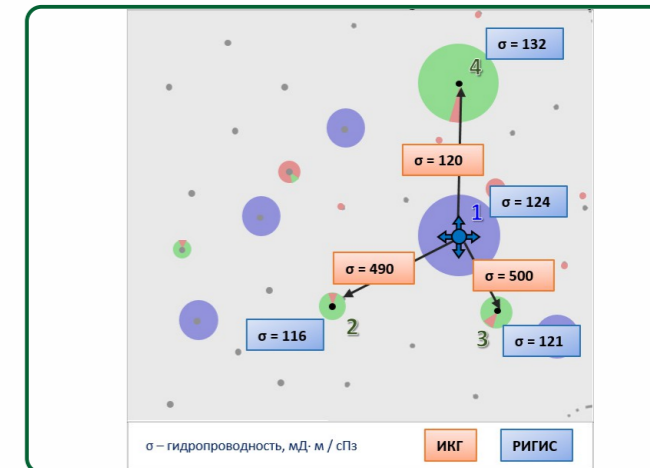
Интервал между скважинами 1 → ЗГС показывает anomalously high influence relative to intervals 2 → ЗГС, 2 → 4ГС and 2 → 5ГС, which is also accompanied by anomalously high piezconductivity, which testifies to the presence of an anomalous improvement of FES between wells 1 and ЗГС, probably caused by a fracture of the auto-GRP in the direction of the well ЗГС. Further operation with such modes can lead to premature bypassing and low  $k_{OXB}$  in this direction.

It is recommended to limit the injection in well 1 and increase the injection in well 2.



## #3 – Выбор приоритетных кандидатов для ГТМ

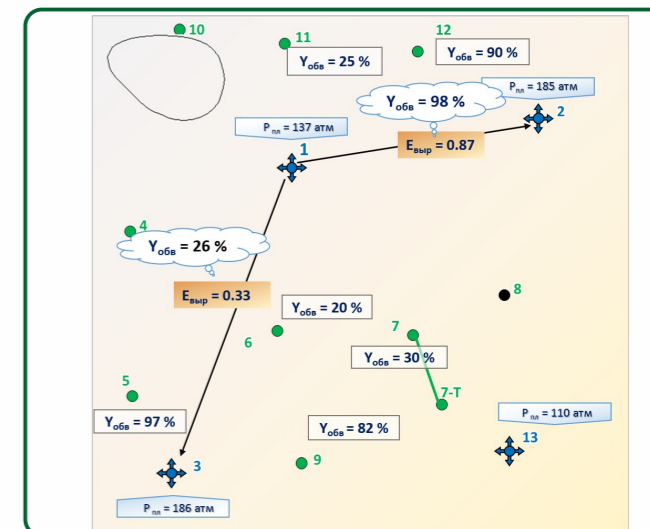
Intervals between wells 1 → 2 and 1 → 3 show a weak influence and anomalously high permeability, which is probably caused by non-productive injection in well 1. It is recommended to conduct PGI research for localization of the zone of non-productive injection.



## #4 – Контроль степени выработки при заводнении

All hydrodynamic intervals show that the effective thickness of the layer is close to RIGIS, which confirms the geological model and testifies to a high degree of vertical sweep by the development.

Interval hydrodynamic 1 → 3 indicates a significantly higher degree of oil displacement by water compared to interval 1 → 2.



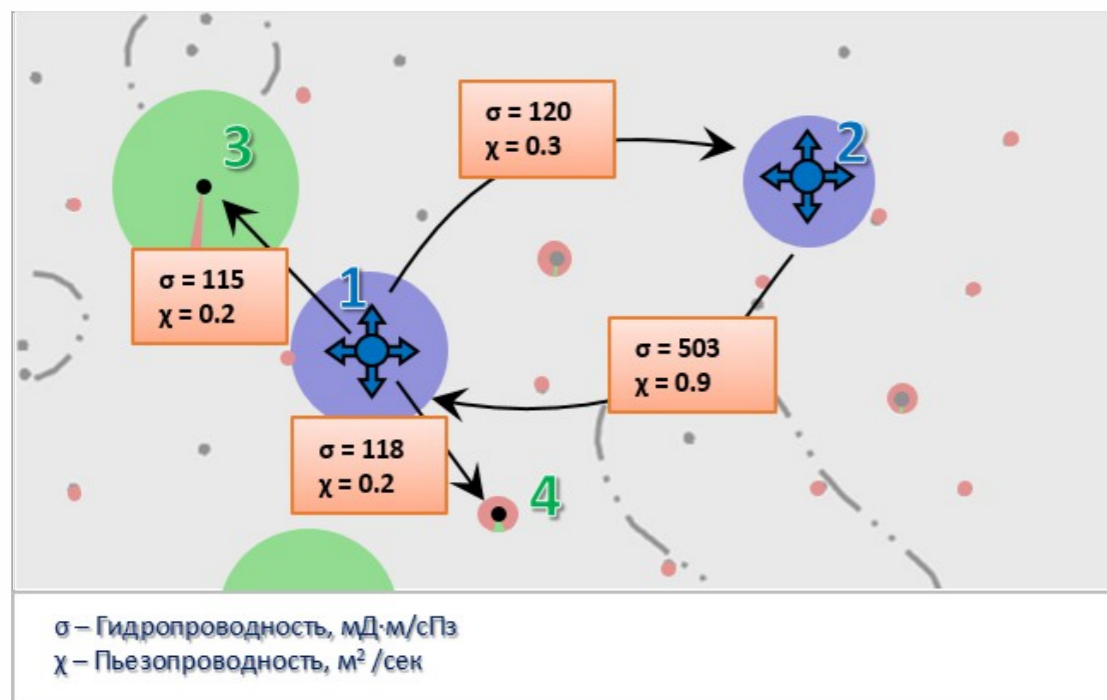


# ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ: Калибровка ГДМ

## #5 – Выявление трещин автоГРП и их параметров

По результатам ИКГ интервалы  $1 \rightarrow 2$ ,  $1 \rightarrow 3$  и  $1 \rightarrow 4$  показывают регулярную пьезопроводность, что говорит о соответствии проницаемости по гидропрослушиванию и геологической модели в окрестности скважины 1.

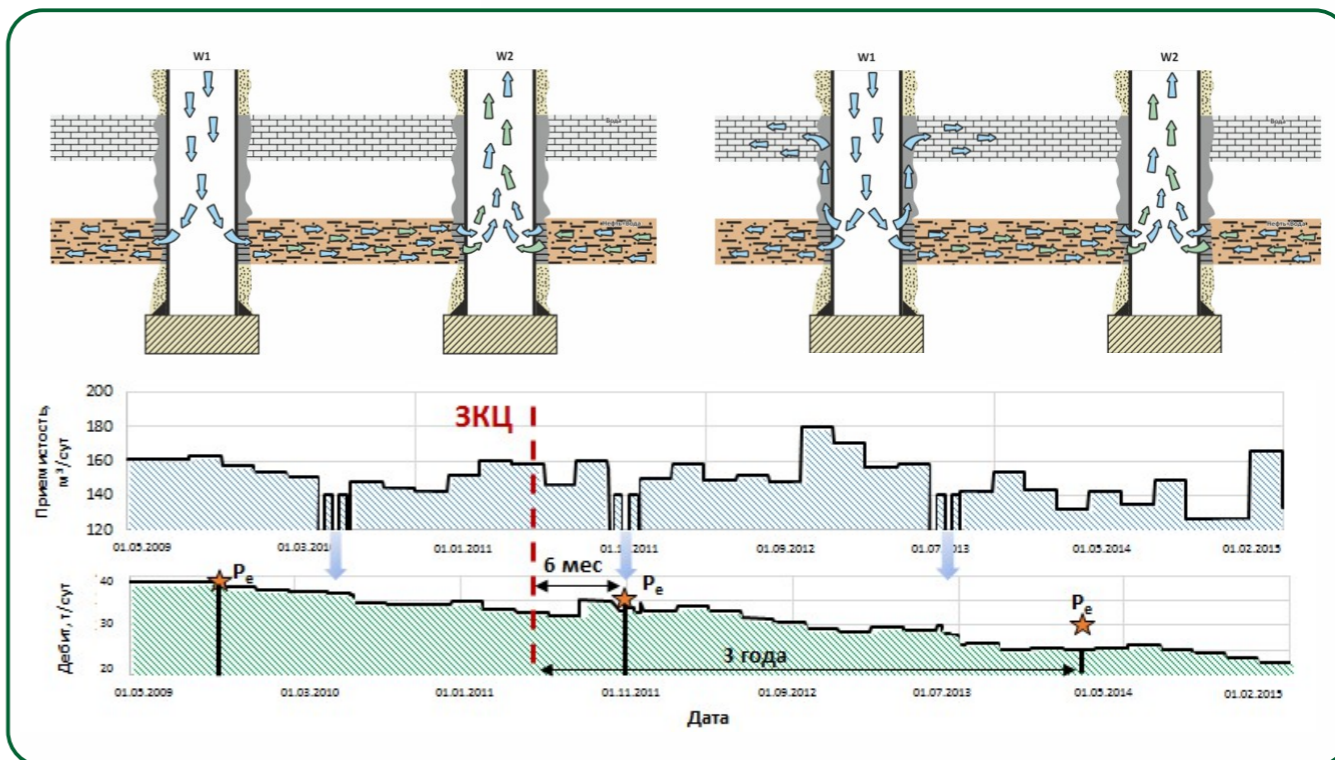
В скважине 2 проводилось ГРП после бурения. По результатам ИКГ интервал  $2 \rightarrow 1$  показал аномально высокую пьезопроводность. Это указывает на протяженность трещины ГРП в сторону скважины 1 и по разности пьезопроводностей она оценивается как 30% межскважинной дистанции.



## #6 – Ранняя диагностика осложнений

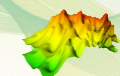
Для данной диагностики осложнений рекомендуется проводить:

- Периодический ИКГ-мониторинг
- Оценку ИКГ-параметров разработки
  - эффективной гидропроводности ( $\sigma$ ) и скин-фактора ( $S$ ) в возмущающих скважинах
  - эффективной гидропроводности ( $\sigma$ ) и пьезопроводности ( $\chi$ ) в межскважинных интервалах
- Первичную оценку динамики ИКГ-параметров
- Сопоставление ИКГ-параметров с модельными данными
- Оценку вероятных причин отклонения (непродуктивная добыча, непродуктивная закачка, автоГРП и т.д.)





# ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ: Калибровка ГДМ

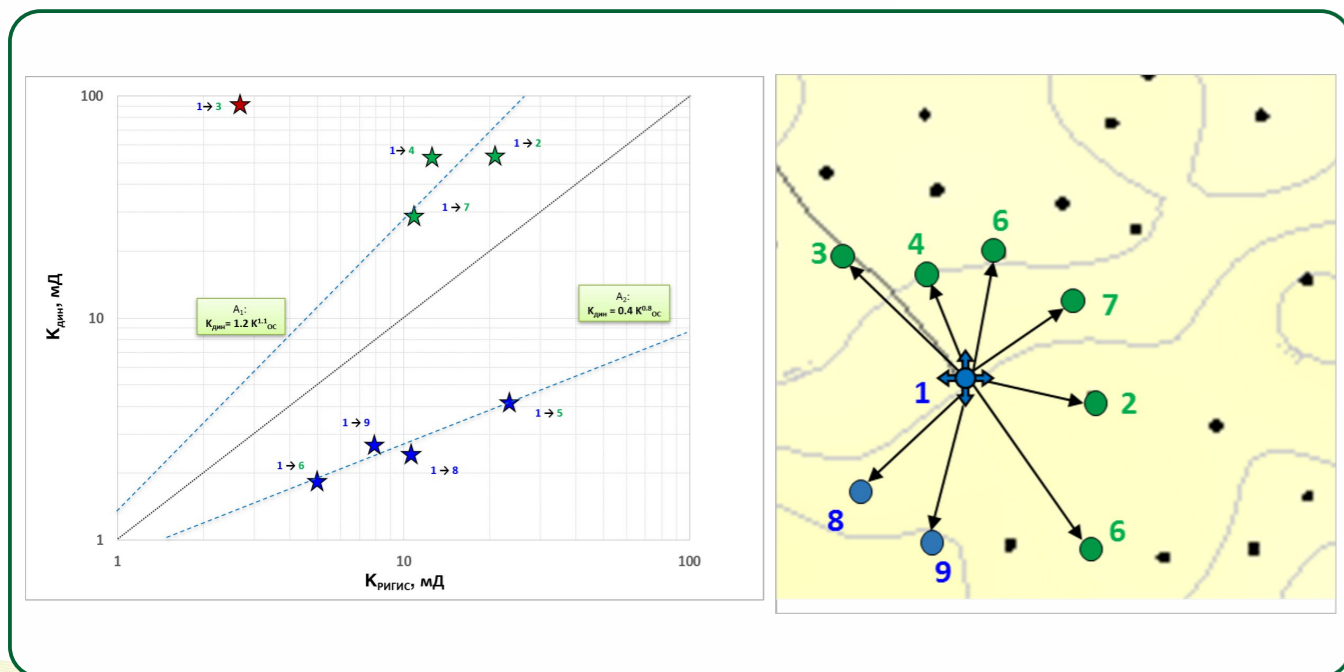


## #7 – Оценка проницаемости пласта

Интервалы между скважиной-генератором 1 и скважинами-ресиверами 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9, представленные на кросс-плоте проницаемостей по ИКГ и по РИГИС дают оценки матричной проницаемости в межскважинном интервале и наличии трещиной проводимости в интервале 1 → 3.

Два кластера точек на кросс-плоте соответствует двум разным петротипам (в данном случае верхний пласт, дренируемый в направлении скважин 2, 4 и 7 и нижний пласт, дренируемый в направлении скважин 5, 6, 8 и 9).

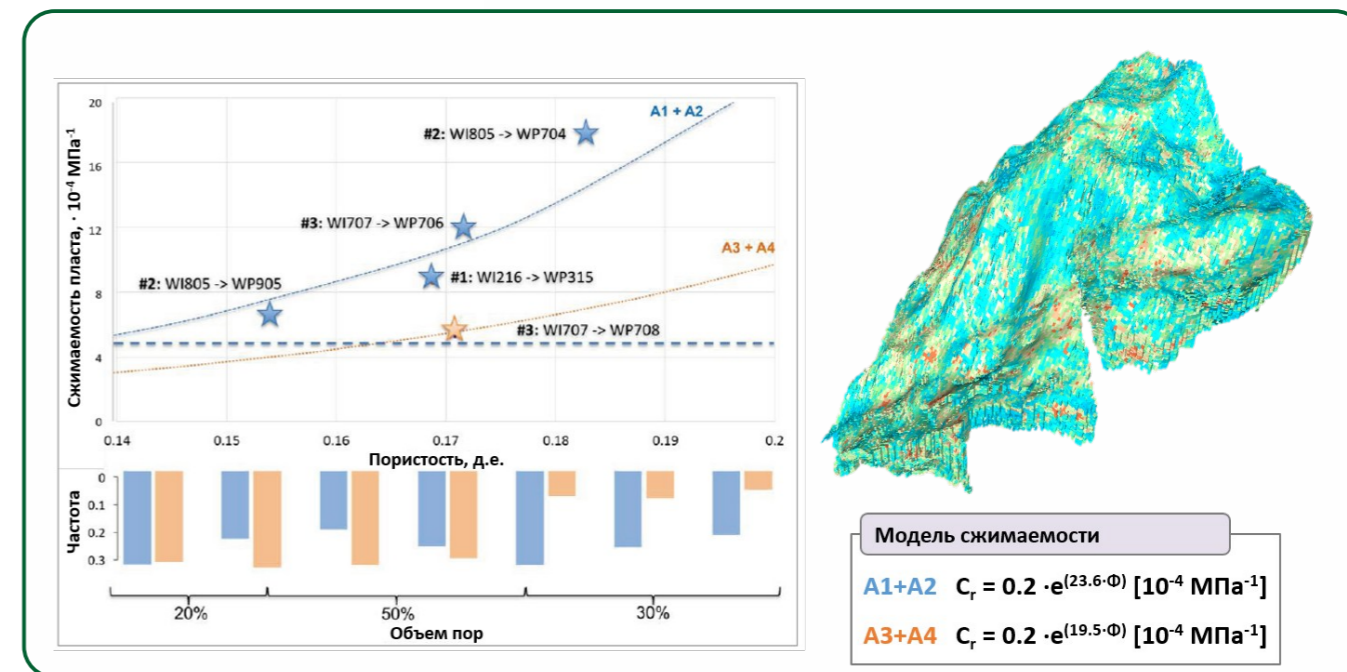
Рекомендуется перекалибровать куб проницаемостей, разделив объем коллектора по двум петротипам и внести проводящий разлом в направлении скважины 3.



## #8 – Оценка сжимаемости пласта

Интервалы между скважиной 1 и скважинами-ресиверами 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9, представленные на кросс-плоте сжимаемости по ИКГ и пористости по РИГИС дают оценки матричной сжимаемости коллекторы в межскважинном интервале.

Рекомендуется перекалибровать куб сжимаемости.





# ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ: Калибровка ГДМ

## #9 – Моделирование расчлененности разреза

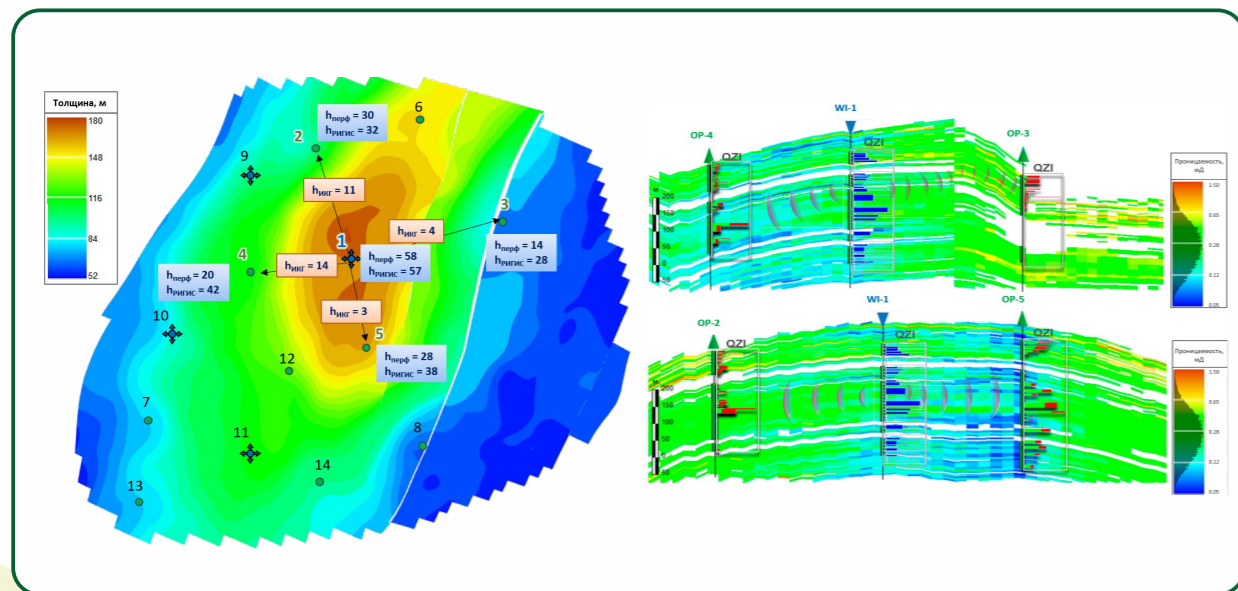
Результаты ПГИ по нагнетательной скважине 1 указывают на неравномерный профиль закачки с преимущественной закачкой в среднюю треть пласта, которая разобщена глинистыми перемычками с соседними пропластками.

Межскважинная корреляция данных открытого ствола не дает однозначного суждения о протяженности глинистых перемычек.

Исследования ИКГ проводилось в окрестности нагнетательной скв. 1 с целью оценить вертикальный профиль охвата и оценки протяженности глинистых перемычек.

Все интервалы гидропрослушивания показали около 30% охвата от всей толщины порового коллектора, что однозначно указывает на протяженный характер глинистых перемычек в области сканирования.

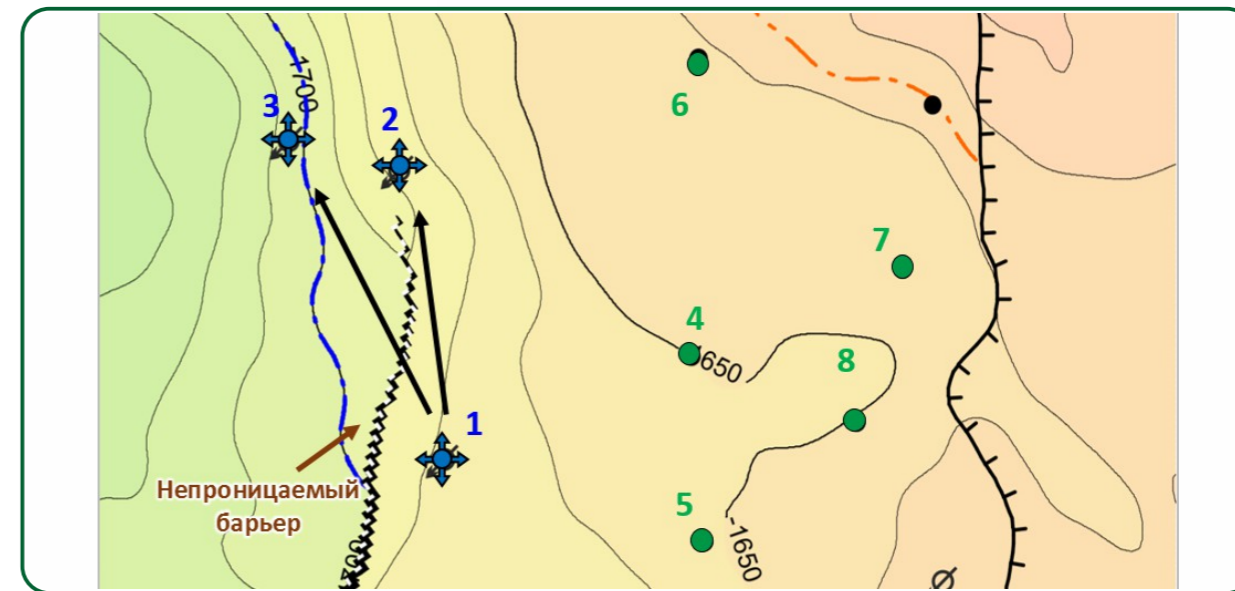
Эти результаты коррелируют с заключением по расходомерии, что профиль притока окружающих добывающих скважин также показывает на преимущественное дренирование среднего пропластка.



## #10 – Локализация барьеров и зон выклинивания

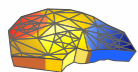
Участок скважин работает в непрерывном режиме высокой добычи. Исследования ИКГ проводились между нагнетательными скважинами в процессе плановой эксплуатации окружающего фонда с целью оценить проводимость наблюдаемого по сейсмике разлома на этом участке.

По результатам ИКГ пьезопроводность между скважинами 1 → 2 и 1 → 3 оказалась аномально низкой, что свидетельствует о непроницаемом характере разлома. Тем не менее, наличие слабого межскважинного влияния 1 → 3 подтверждает ограничение протяженности разлома на севере.





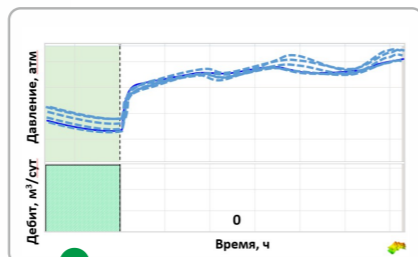
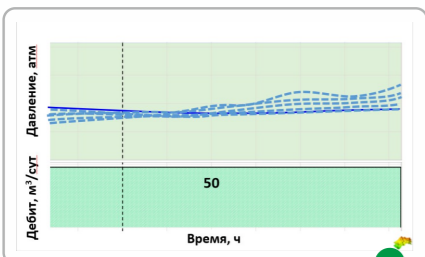
# ИКГ — аппаратно-программный комплекс



## PolyGon

Программное обеспечение

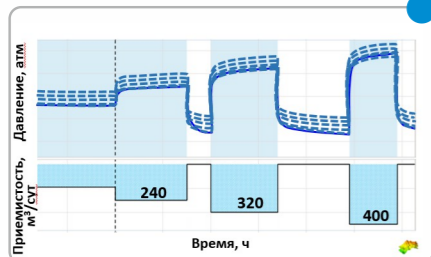
ООО «ПОЛИКОД»



Реагирующая скважина #1

Реагирующая скважина #2

Возмущающая скважина



- PVT моделирование
- Многофазные модели
- Численная 2D модель
- Анализ динамики добычи
- Мультискважинная деконволюция
- Импульсно-кодовая декомпозиция
- Log-Log анализ давления

## zPas-20M

Кварцевые манометры

ООО «ЗЕТСКАН»

Параметр	Технические характеристики
Диапазон давления	0.1 – 60 МПа (1 – 592 атм)
Диапазон температуры	0 - 150 °С
Точность по температуре	± 0.1 °С
Разрешение по температуре	0.001 °С
Точность по давлению	± 0.1 %
Разрешение по давлению	20 Па (0.0002 атм)
Интервал выборки	1 - 3600 сек
H <sub>2</sub> S	30 %
Диаметр	28 мм
Вес	0.5 кг
Материал корпуса	Титан



Разрешающая способность в 20 Па является одной из самых высоких на мировом рынке.



ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ: Программный комплекс PolyGon включен в ЕДИНЫЙ РЕЕСТР российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных по Приказу Минкомсвязи России от 28.03.2017 №146, Приложение 1, пп. №75, реестровый № 3233



# ГЕОГРАФИЯ ИКГ

## ХМАО

- Определение полудлин трещин Авто-ГРП
- Определение эффективных толщин пласта
- Определение эффективности ППД
- Рекомендации по бурению ГС



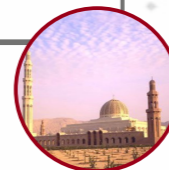
## УРАЛО-ПОВОЛЖЬЕ

- Определение эффективных толщин пласта
- Определение текущей нефтенасыщенности
- Верификация запланированных ГТМ
- Рекомендация проведения ГРП на горизонтальной скважине



## ПЕРСИДСКИЙ ЗАЛИВ

- Определение динамической проницаемости
- Определение эффективности ППД
- Рекомендации по бурению боковых стволов



## ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ

- Определение эффективности ППД
- Уточнение связности пласта
- Верификация динамической проницаемости и эффективной толщины



## КАЗАХСТАН

- Определение динамической проницаемости пласта
- Определение эффективной мощности пласта
- Локализация ранних прорывов воды
- Рекомендации по интенсификации притока
- Рекомендации по бурению ГС



## ЮГО-ВОСТОЧНАЯ АЗИЯ

- Определение наличие барьера
- Бурение скважины с дебитом по нефти 1800 барр/сут



## МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ SPE

- SPE-175550-MS, Assessing Macroscopic Dynamic Permeability Through Pressure and Noise Analysis – 2015
- SPE-181555-MS, Application of Multi-Well Pressure Pulse-Code Testing for 3D Model Calibration – 2016
- SPE-187927-MS, Verifying Reserves Opportunities with Multi-Well Pressure Pulse-Code Testing – 2017
- SPE-189258-MS – Carbonate reservoir waterflood efficiency monitoring with cross-well pulse-code pressure testing – 2017

SPE  
International



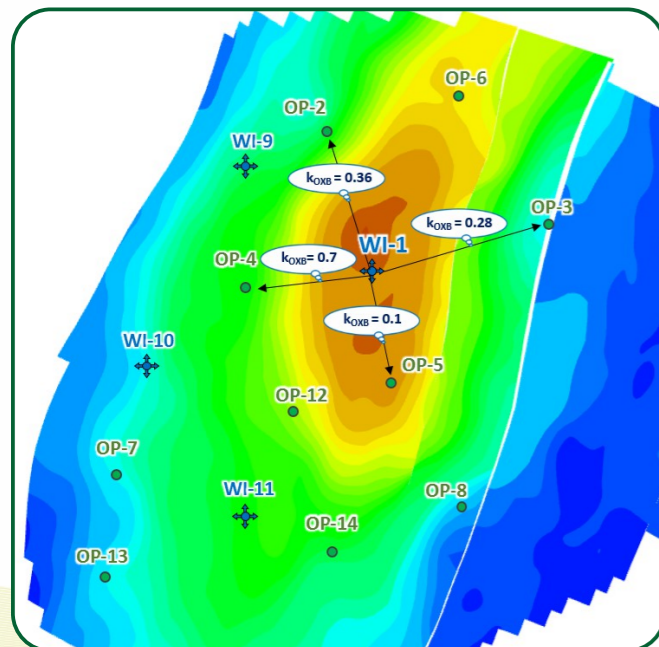
# ПРИМЕР 2: РАННЯЯ СТАДИЯ РАЗРАБОТКИ

## Проблемы участка:

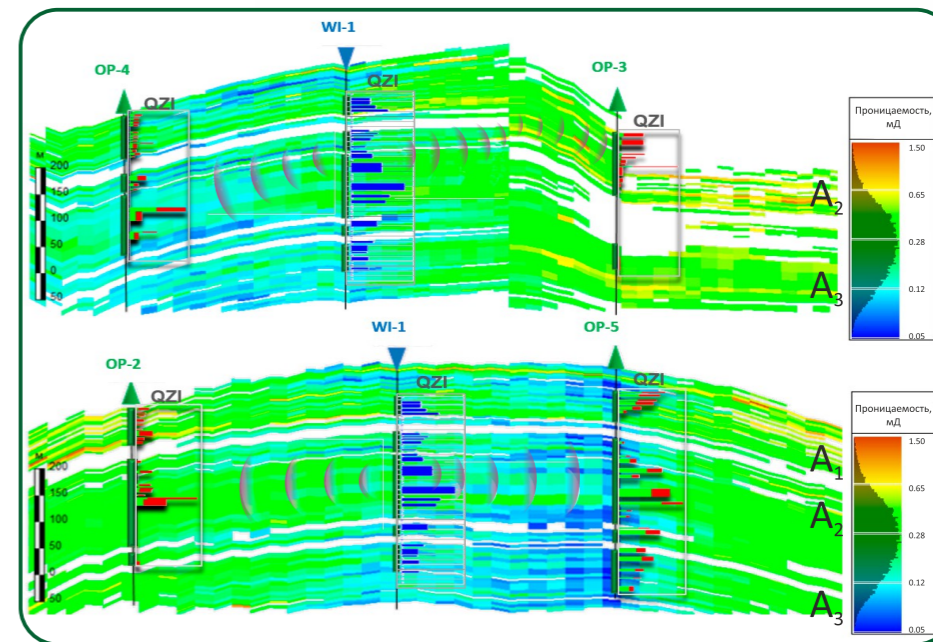
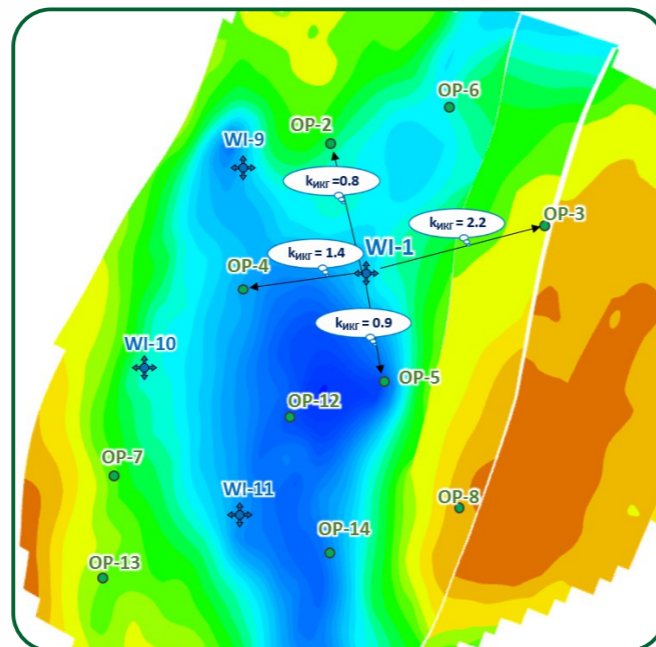
- Ускоренное падение давления
- Отставание в темпе выработки

**Целью исследования ИКГ** было определить эффективную проницаемость и толщину пласта в межскважинных интервалах, сопоставить ее с данными интерпретации открытого ствола, дать рекомендации по настройке гидродинамической модели залежи и мероприятиям по оптимизации разработки.

Оценка эффективной мощности пласта



Оценка проницаемости пласта



## ДИАГНОСТИКА

1. По результатам ПГИ-ИКГ большая часть закачиваемой воды уходит в верхнюю часть пачки A2.
2. У скважины OP-5 прогнозируется ускоренный прорыв воды

## РЕКОМЕНДАЦИИ

- Организовать эффективную закачку в каждый из трех гидродинамических объектов.
- Рассмотреть возможность бурения боковых горизонтальных стволов на пачку A1 для достижения проектного КИН.
- Запланировать мероприятия по выравниванию фронта вытеснения в районе скважин WI-1→OP-5 и мероприятия по интенсификации притока в скважине OP-5 (Рекомендовано СКО)



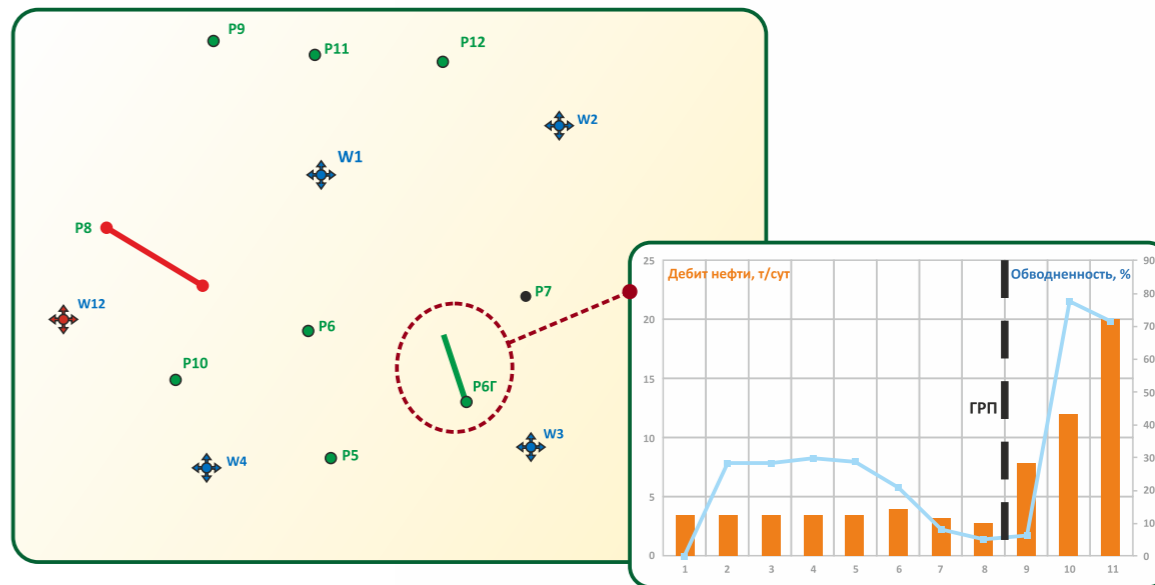
# ПРИМЕР 1: ПОЗДНЯЯ СТАДИЯ РАЗРАБОТКИ

ИКГ проводилось на выбранном участке месторождения Урало-Поволжья, находящегося на поздней стадии разработки. Участок включает в себя четыре вертикальные нагнетательные и четыре добывающие скважины, оборудованные ШГН: три вертикальные и одну вновь пробуренную горизонтальную.

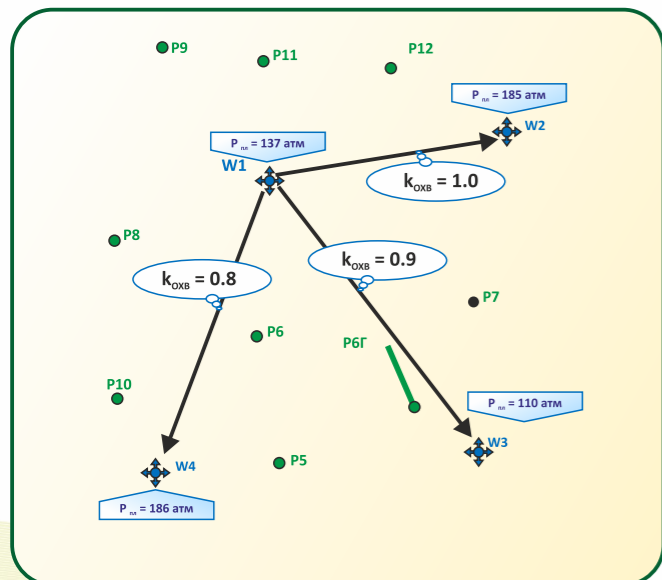
## Проблемы участка:

- Низкий темп выработки.
- Низкая производительность новой горизонтальной скважины.
- Плохой контакт горизонтальной скважины с основным массивом проницаемых пород.
- Поднять пластовое давление на скважине W3.

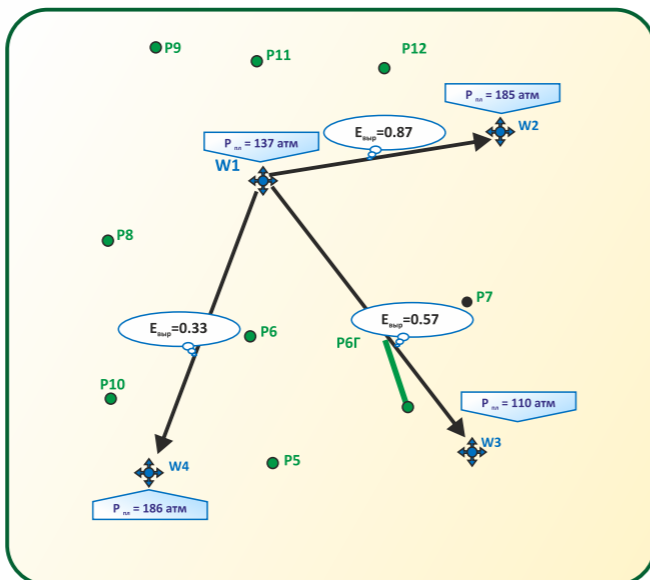
Целью исследования ИКГ было выявить зоны для уплотняющего бурения.



## Оценка эффективной мощности пласта



## Оценка насыщенности пласта



ДИАГНОСТИКА	РЕКОМЕНДАЦИИ
1. Резервуар целостный	
2. Объем ЗКЦ незначительный	Не производить РИР на скважине W1
3. Плохой контакт горизонтальной скважины с основным массивом проницаемых пород	Произвести ГРП на скважине P6Г
4. Неравномерный фронт вытеснения	Бурение нагнетательной – добывающей пары скважин W12 - P8 в отстающей зоне
5. Низкое давление в районе скважины W3	Произвести ГРП на скважине W3