
Микросейсмика: примеры и развитие новых технологий / Microseismic: examples and new technology developments



Christophe Maisons /Кристоф Мэйсонс

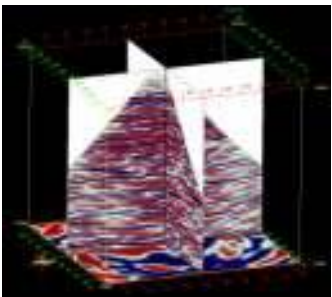


Magnitude: Who we are / КТО МЫ

49%

51%

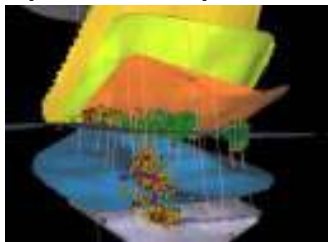
*Borehole Seismic Processing / Обработка
скважинной сейсморазведки*



VSfusion
© Baker Hughes - CGGVeritas Company

100%

*MicroSeismic Processing
/ Обработка микросейсм*



CGG VERITAS



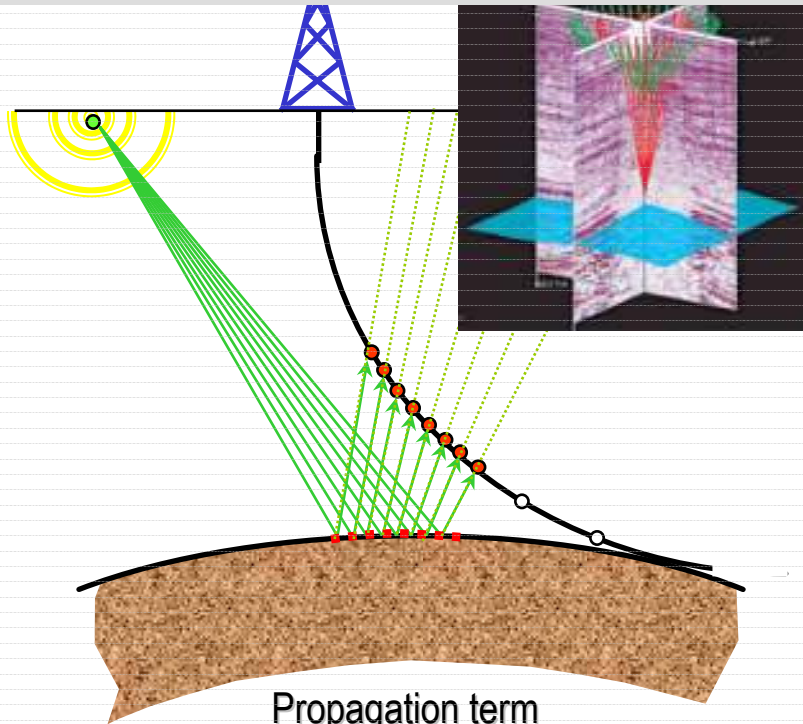
**BAKER
HUGHES**

Микросейсмика: примеры и развитие новых технологий / Microseismic: examples and new technology developments

- **Введение / Introduction**
- **Сегмент рынка и перспективы применимости /
Market segment and perspective of applicability**
- **Примеры / Examples**
 - **Мониторинг гидроразрыва пласта /
Well scale – Hydraulic Fracture Monitoring**
 - **Оптимизация резервуара / Interwell Scale – Reservoir optimization**
 - **представление и оценка риска /
Life of the field scale – Performance and risk assessment**
- **Технологическое развитие / Technology development –
короткое представление / short review**
 - **Проектирование сетки наблюдений / Network design**
 - **Принцип обработки / Processing approach**
 - **Комбинация активной и пассивной сейсмики /
Combination between active and passive seismic**
- **Выводы / Conclusion**

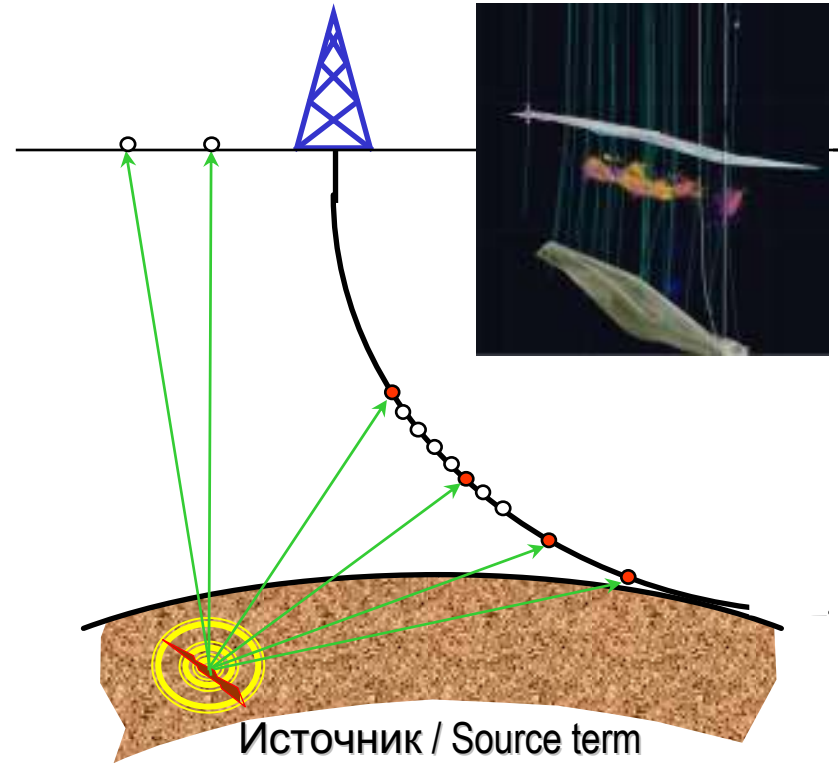
Введение / Introduction : Активный и Пассивный сейсмический мониторинг / Active & Passive Seismic Monitoring

активный микросейсмический
прерывный во времени
мониторинг/
Active seismic time lapse monitoring



Propagation term
распространение
Imaging / Reservoir Properties
Миграция / свойства резервуара

Пассивный микросейсмический
непрерывный мониторинг / Passive
Microseismic Continuous Monitoring



Источник / Source term
Причинный эффект / Поведение резервуара /
Cause-Effect / Reservoir Behaviour

Введение / Introduction : Давление вызывает микросейсмический / эффект Pressure induced Microseismic effect

нагнетание флюида или добыча флюида / Fluid injection or fluid production

- Изменения порового давления / Changes pore pressure
- изменение напряжения в породе / Modifies stress in the formation

трещины и разломы / Cracks and fractures

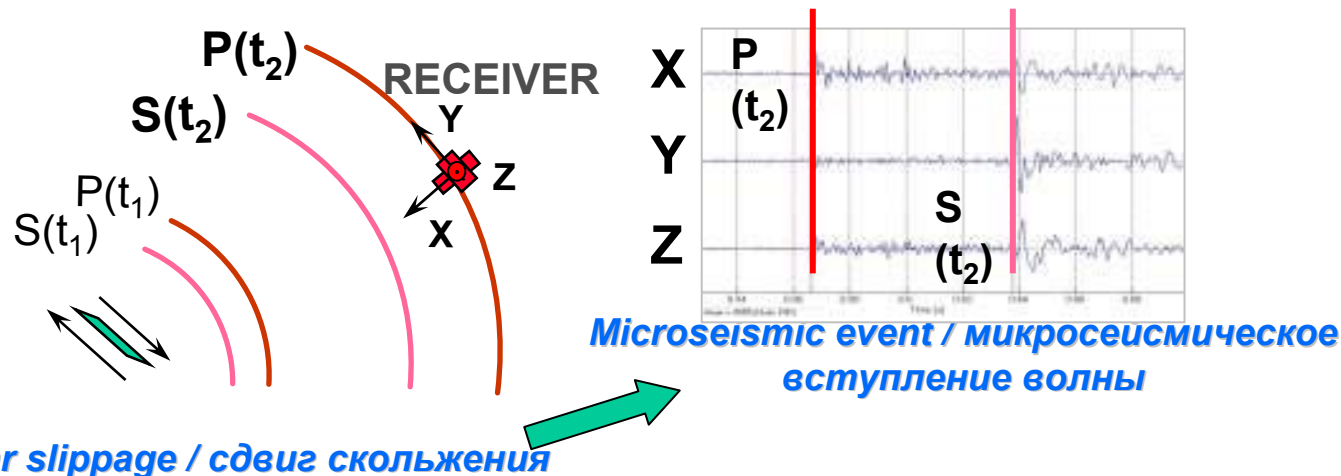
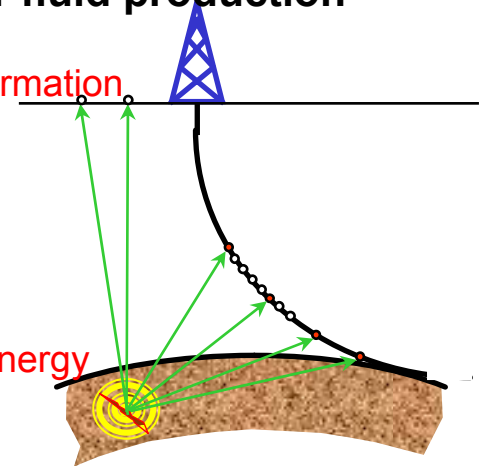
- нестабильны и могут скользить / Are destabilized and slip
- могут раскрываться / Are unsealed

Скольжение / Slippage

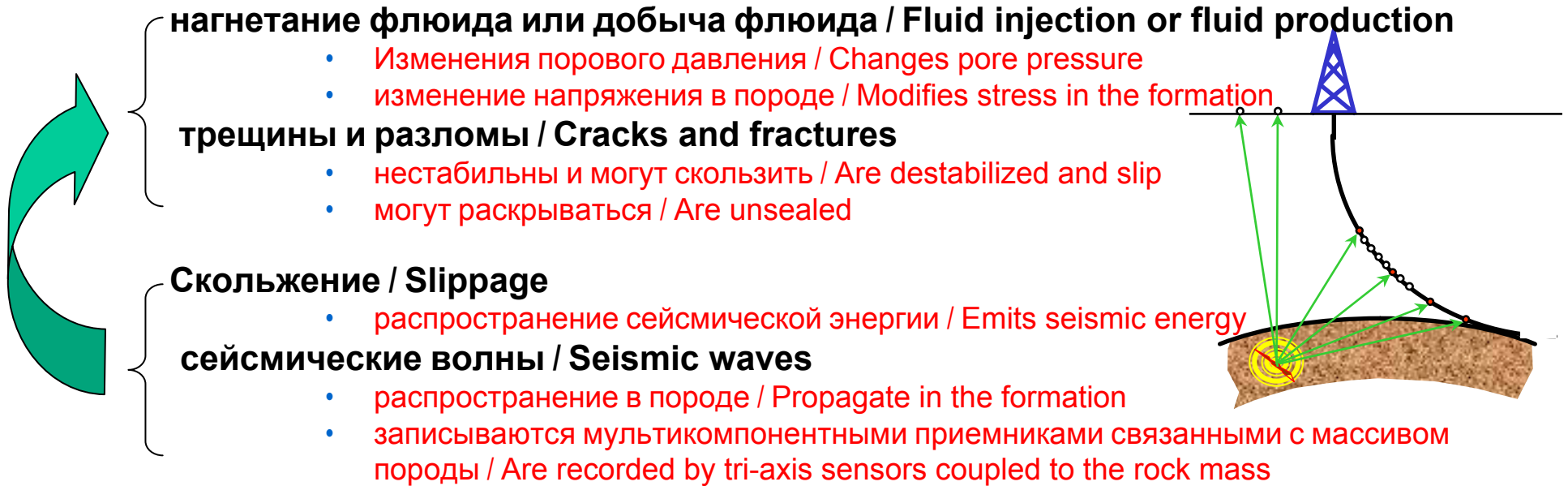
- распространение сейсмической энергии / Emits seismic energy

сейсмические волны / Seismic waves

- распространение в породе / Propagate in the formation
- записываются мультikomпонентными приемниками связанными с массивом породы / Are recorded by tri-axis sensors coupled to the rock mass



Вступление / Introduction : микросейсмический эффект, вызванный давлением / Pressure induced Microseismic effect



Причина - эффект взаимного расползания / Cause - Effect relationship

Микросейсмические вступления используются как / Microseismic events used as:

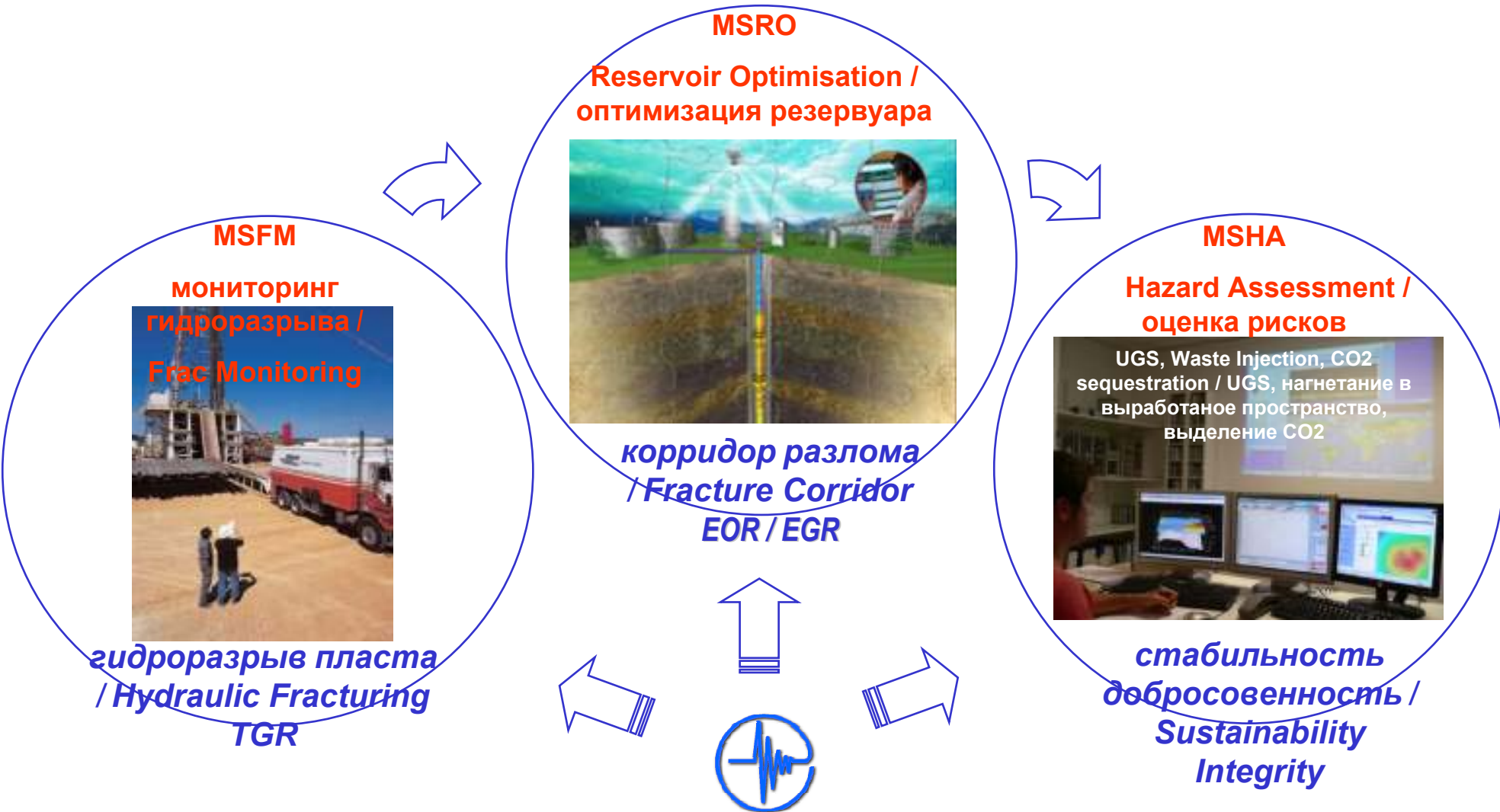
- Дисплей активных трещин, разломов и сбросов / Viewer of active cracks, fractures & faults
- Определитель изменений, вызванных перемещением флюида / Identifier of changes induced by fluid migration
- Определитель геомеханических нестабильностей / Identifier of geomechanical instabilities

Микросейсмический мониторинг / Microseismic Monitoring

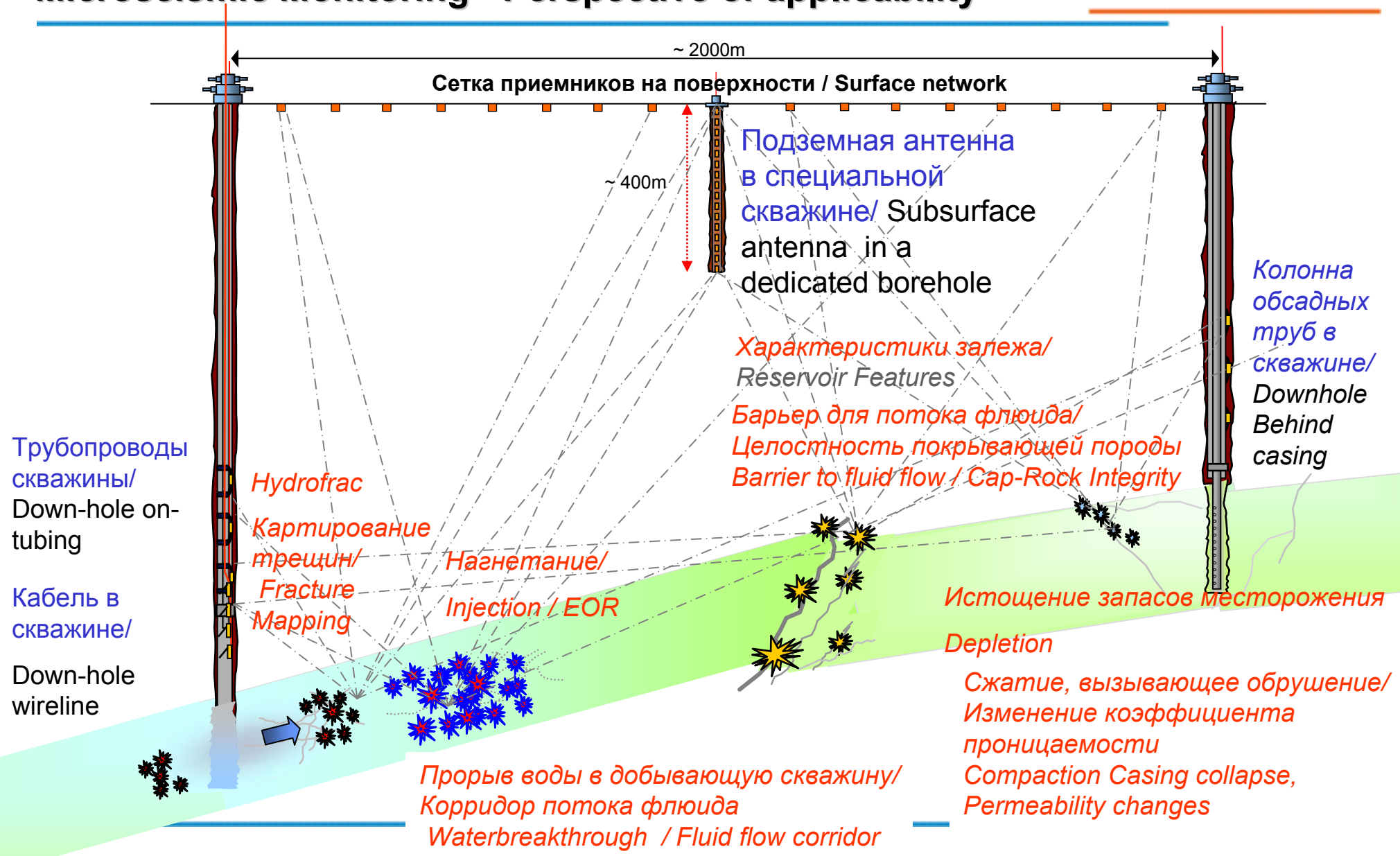
Микросейсмичность это **давление**, вызванное динамическим эффектом связанным с **трещинами, разломами и сбросами** /

Microseismicity is a **pressure** induced dynamic effect associated to **cracks, fractures and faults**.

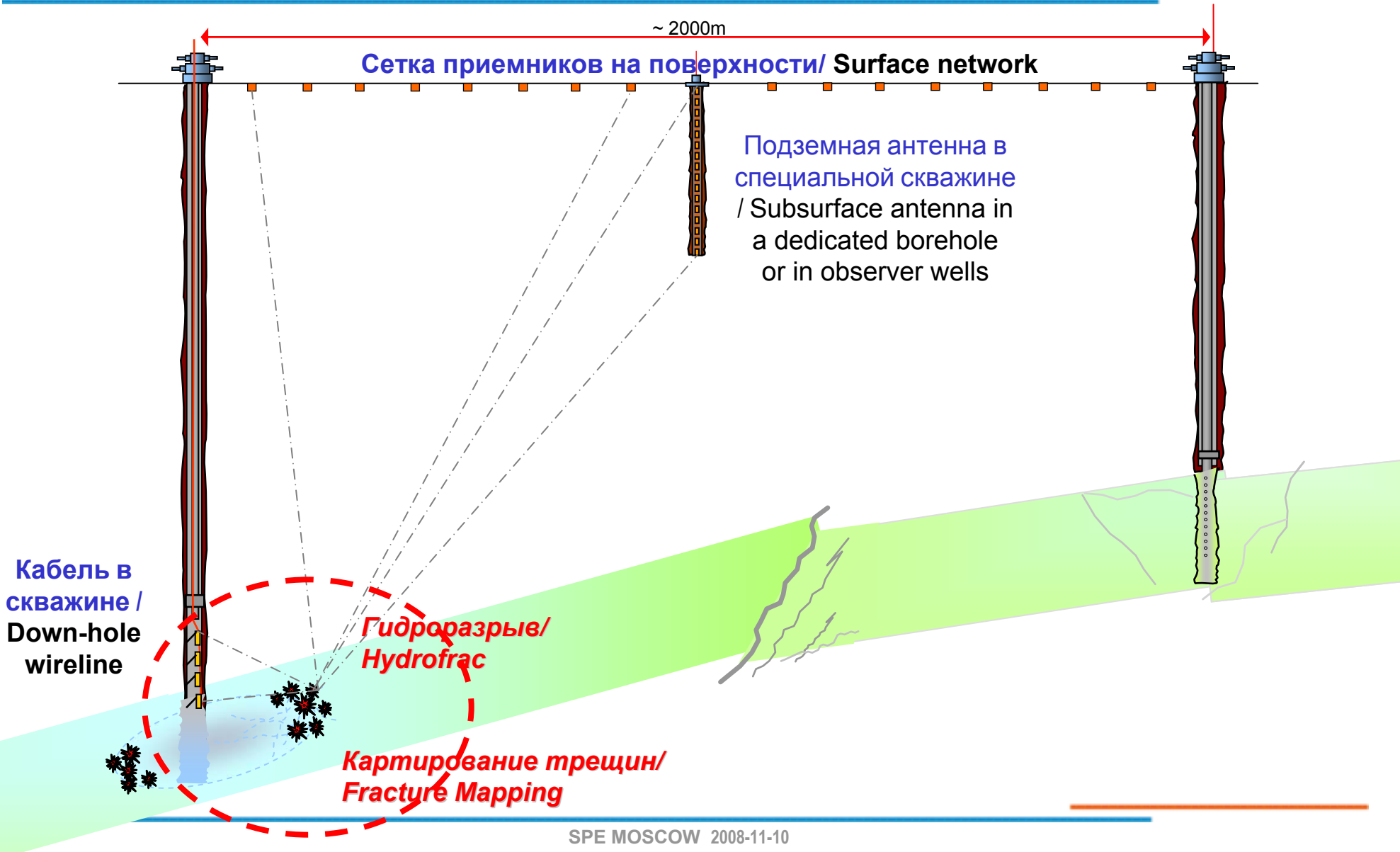
Микросейсмический мониторинг – сегмент рынка / Microseismic Monitoring - Market Segment



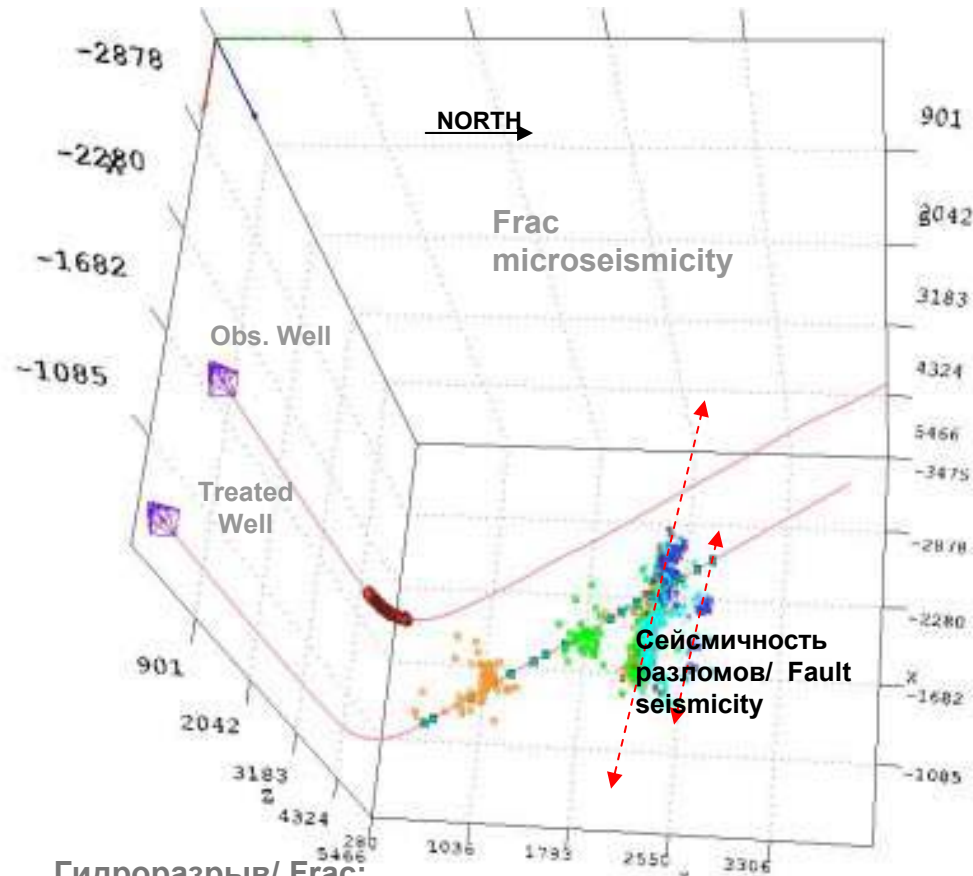
Микросейсмический мониторинг – перспективы применимости / Microseismic Monitoring - Perspective of applicability



Пример: Гидроразрыв пласта/ Example: Well Scale Hydraulic Fracturing

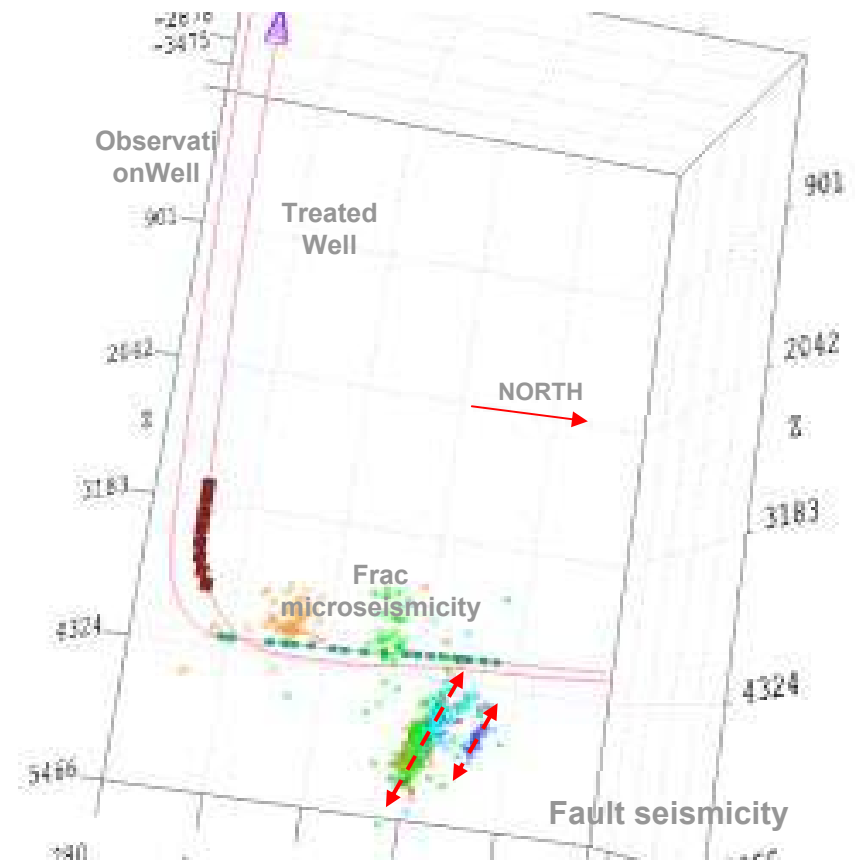


Пример: мониторинг гидроразрыва пласта (Из наблюдаемой скважины/ Example: HydroFrac Monitoring observation Well)



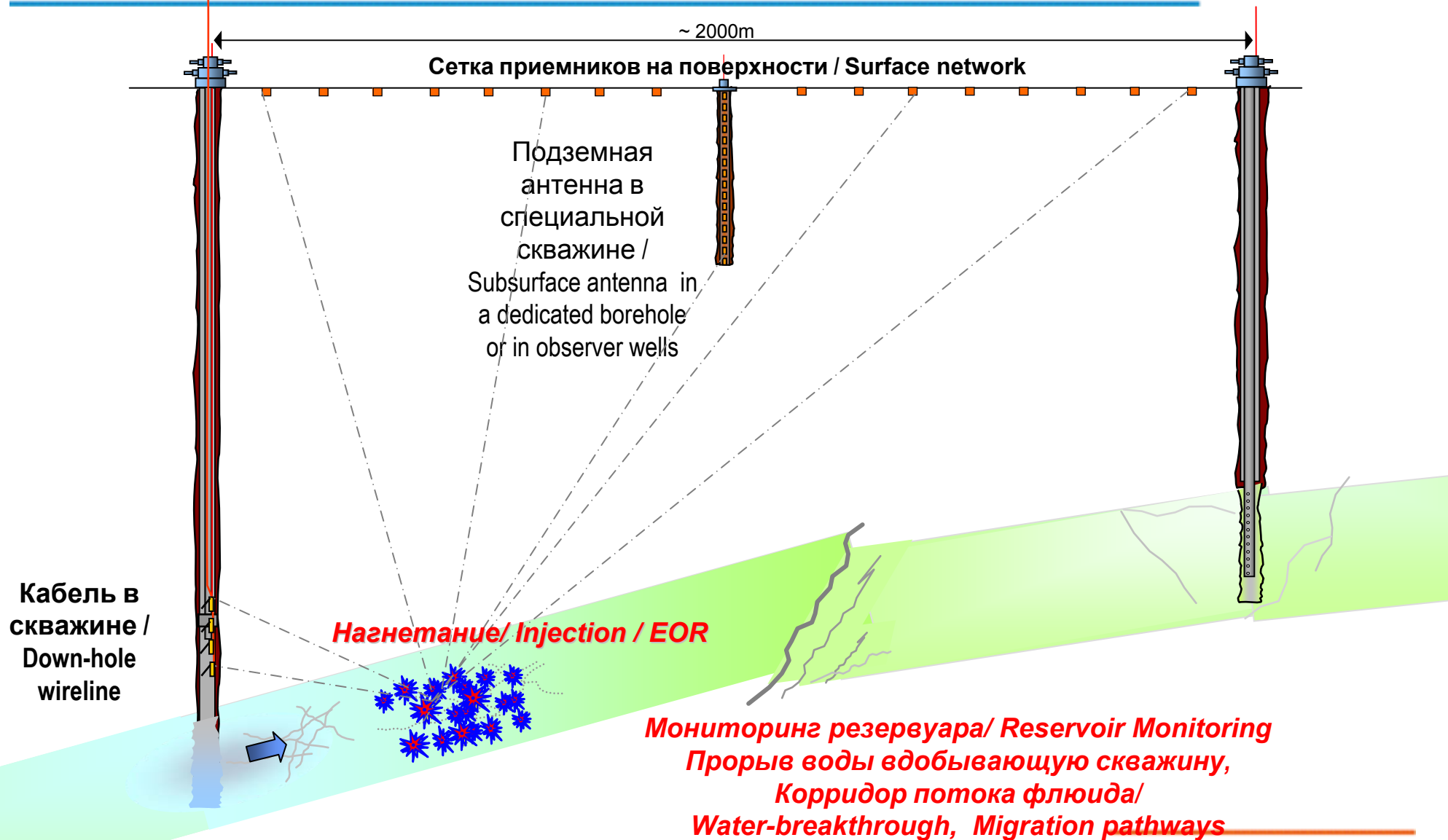
Гидроразрыв/ Frac:

- этап 1 был безуспешный/ Stage 1 was unsuccessful
- этап 2 был сгенерирован мощный нисходящий отклик/ Stage 2 generated a massive downward response
- этапы 3 и 4 были менее эффективны, чем предполагалось/ Stage 3 and 4 were less effective than expected



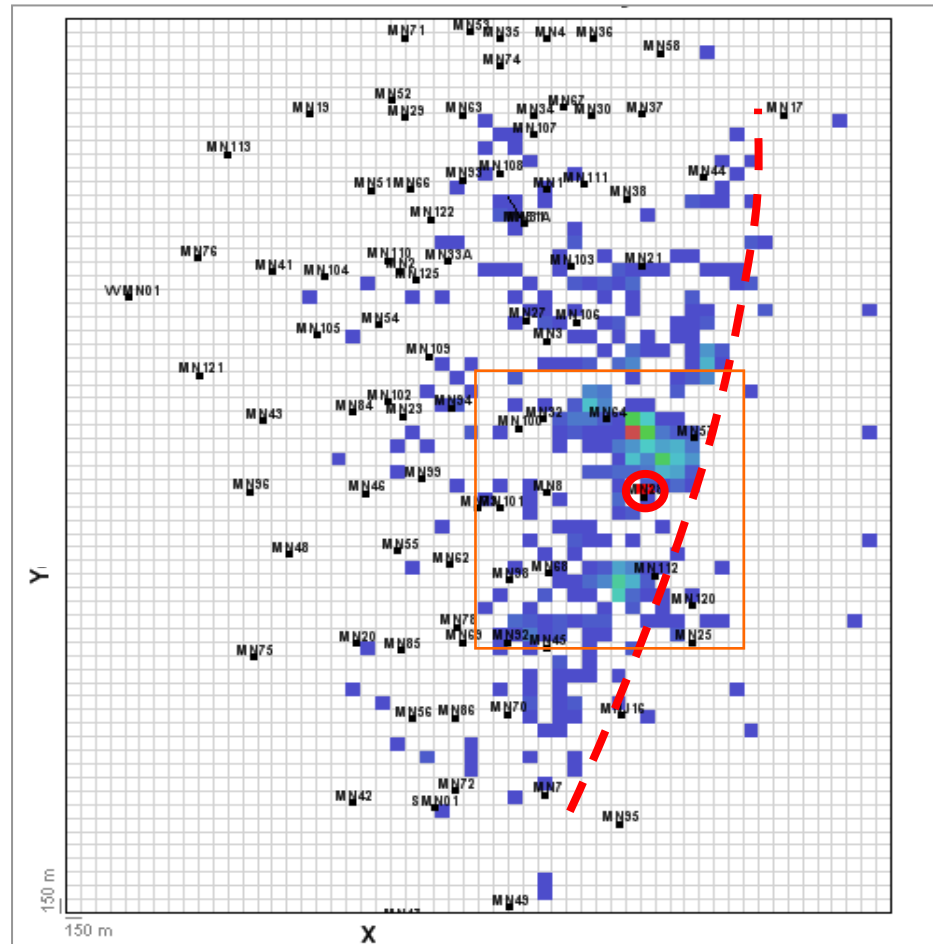
Картирование гидроразрыва и определение разломов/ Frac Mapping & Fault identification

Пример: Мониторинг резервуара/ Example: Inter-Well Scale Reservoir Monitoring)



Пример: тестовый мониторинг залежи (карбонатные породы)/ Example: Reservoir Monitoring Pilot (Carbonate Field)

- проект на 49 дней/ 49 days Pilot
- мониторинг проводился из одной скважины наблюдения/ Monitoring from a single "observation" well
- оборудование расположено над резервуаром/ Wireline array deployed above the reservoir
- высокий уровень микросейсмичности; записывается до 2000 микросейсмических отсчетов/ High rate of microseismicity 2000 microseismic events recorded
- четкий предел микросейсмичности; на восточном фланге / Clear Microseismic "Limit" N10° on the East Flank
- четкое расположение микросейсмичности вдоль оси SE-NW/ Clear Microseismic "Clusters" aligned SE-NW



Пример: тестовый мониторинг залежи (карбонатные породы)/ Example: Reservoir Monitoring Pilot (Carbonate Field)

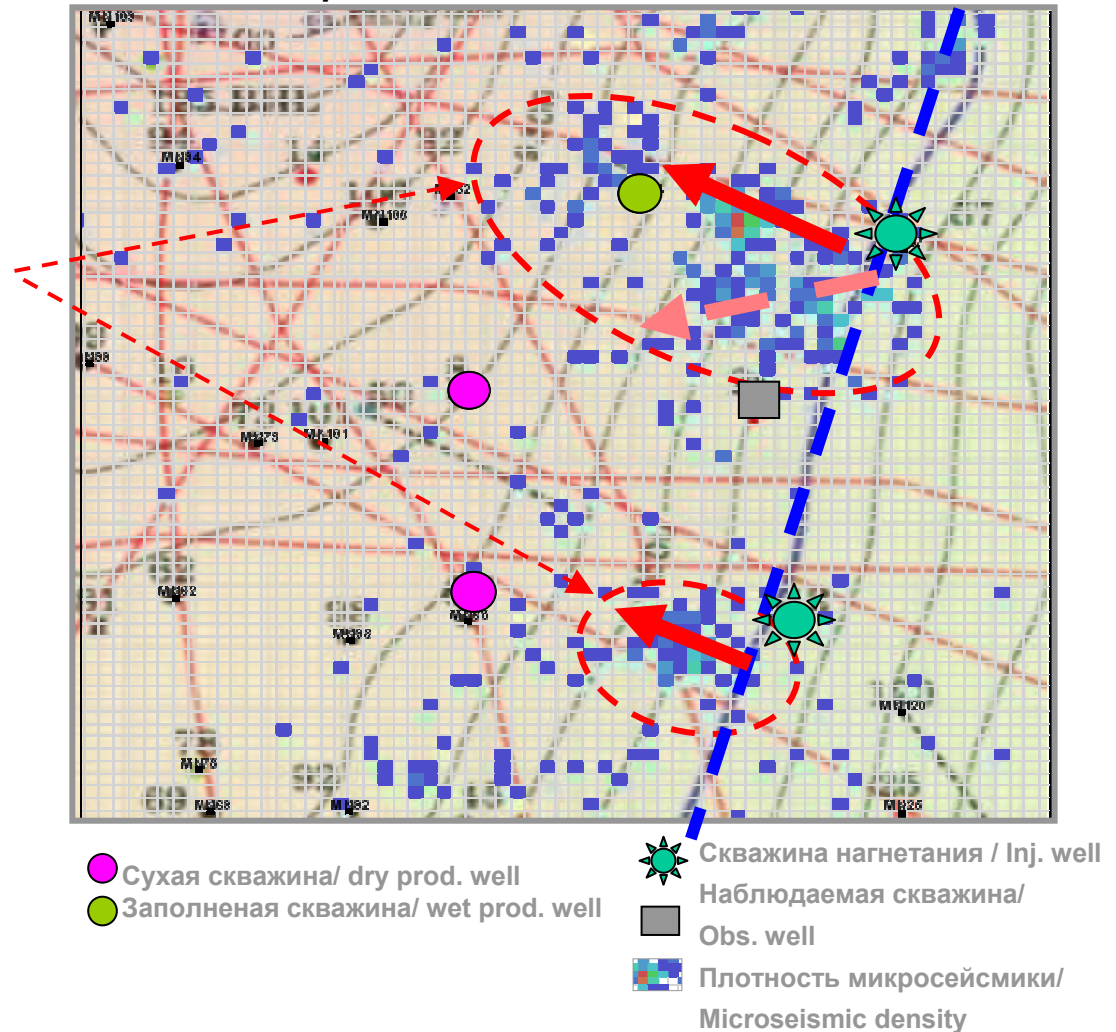
Тестовая микросейсмика – карбонаты/ Microseismic Pilot - Carbonate Field

4Д микросейсмическое распределение
позволяет определить «корridor» /
4D Microseismic distribution allows
identification of Microseismic “corridors”

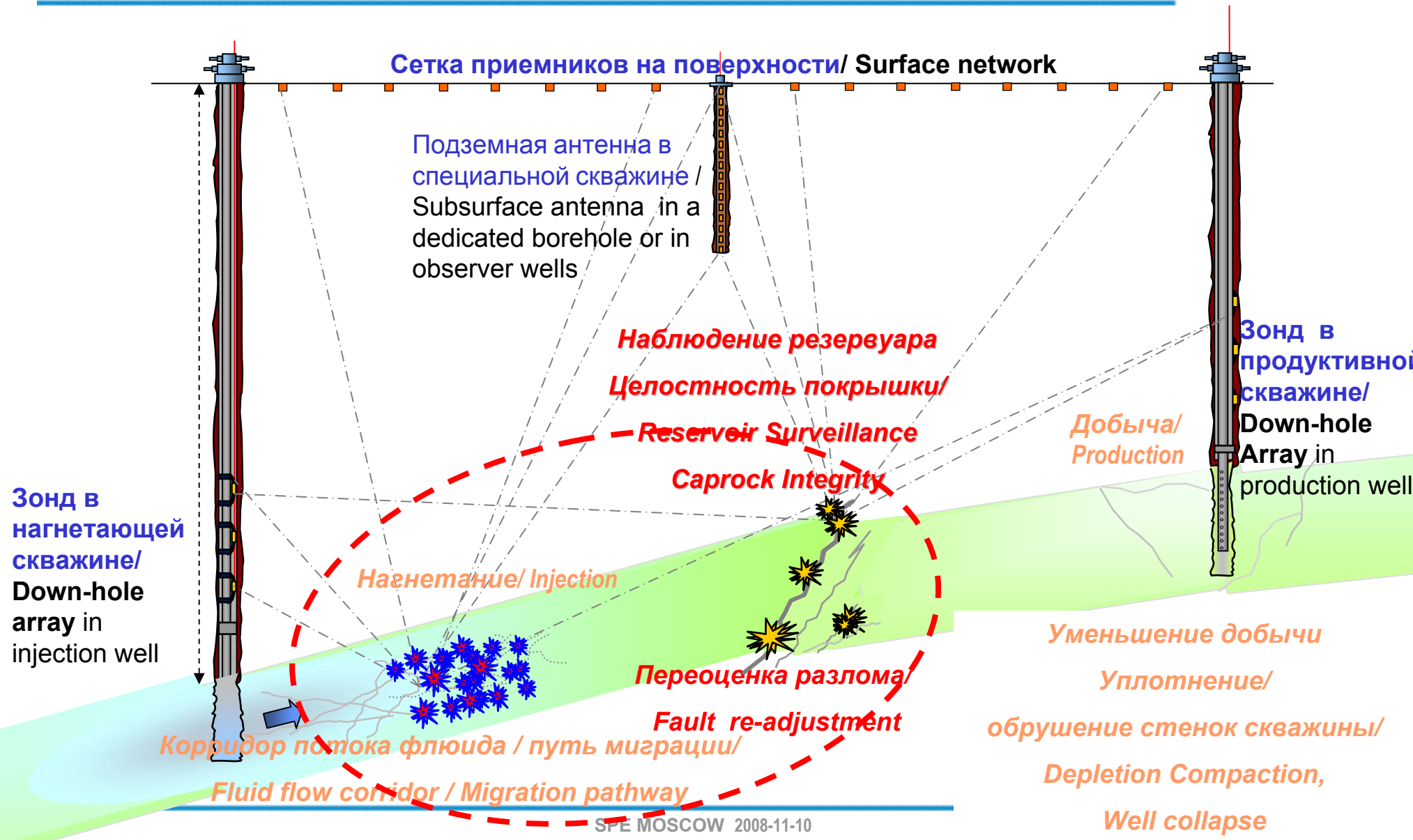
- определенныф корridor позволяет
подтвердить или предположить прорыв
воды в скважину/ Corridors identified allow to
confirm or anticipate water-breakthrough
- микросейсмичность это раннее
предупреждение для предотвращения
прорыва воды в скважину и улучшения
местоположения скважины/ Microseismicity is
an early warning phenomenon to prevent water-
breakthrough and improve well placement.

Микросейсмический корridor
ассоциируется с потенциальным
прорывом воды/
Microseismic corridors associated to
potential Water-breakthrough

Plan view – Top reservoir isobaths

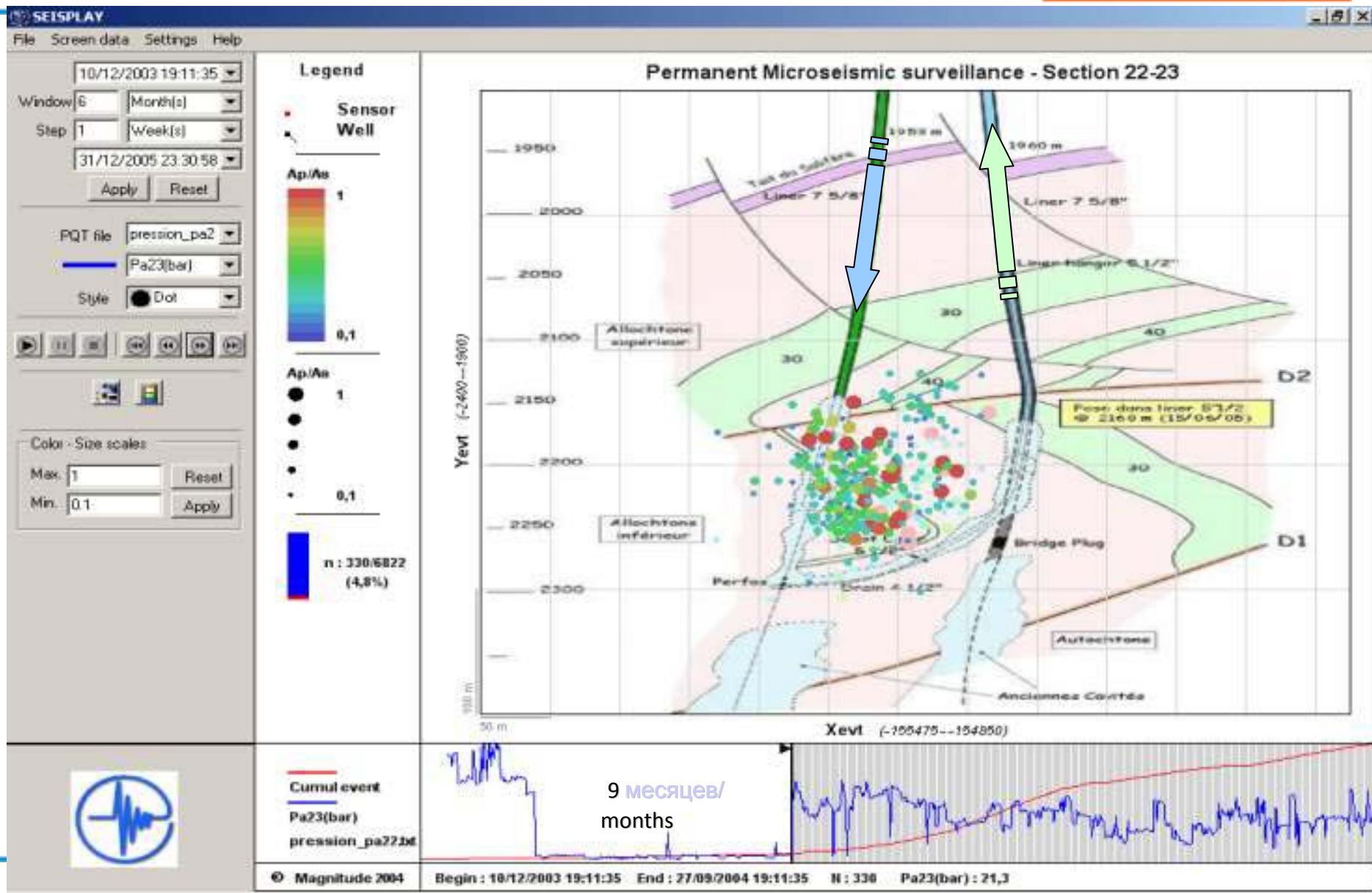


Пример: наблюдение срока службы месторождения/ Example: Life of the field Surveillance



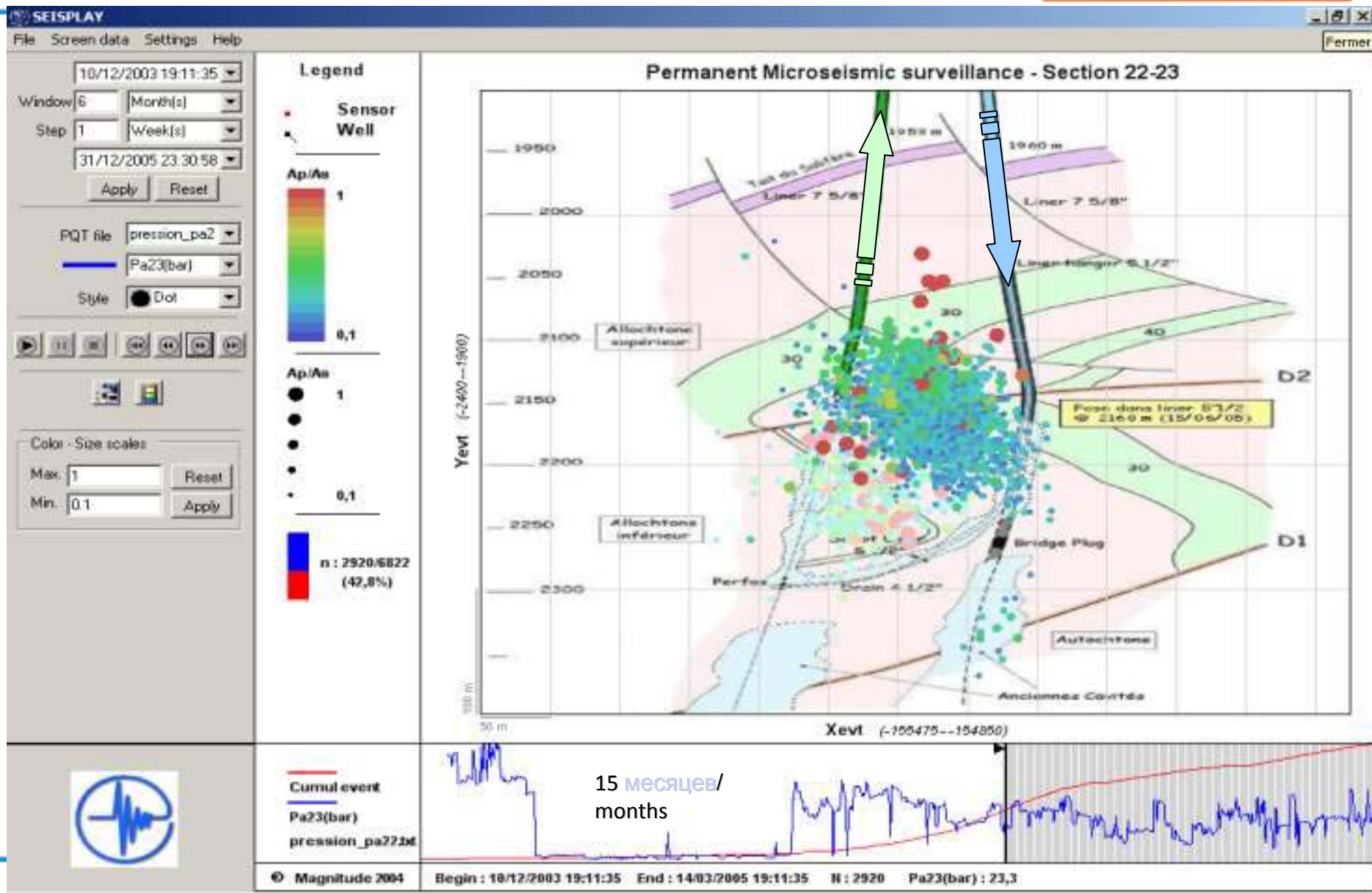
Пример: Мониторинг нагнитания (Постоянная съемка)

Example: Injection Monitoring (Permanent Survey)



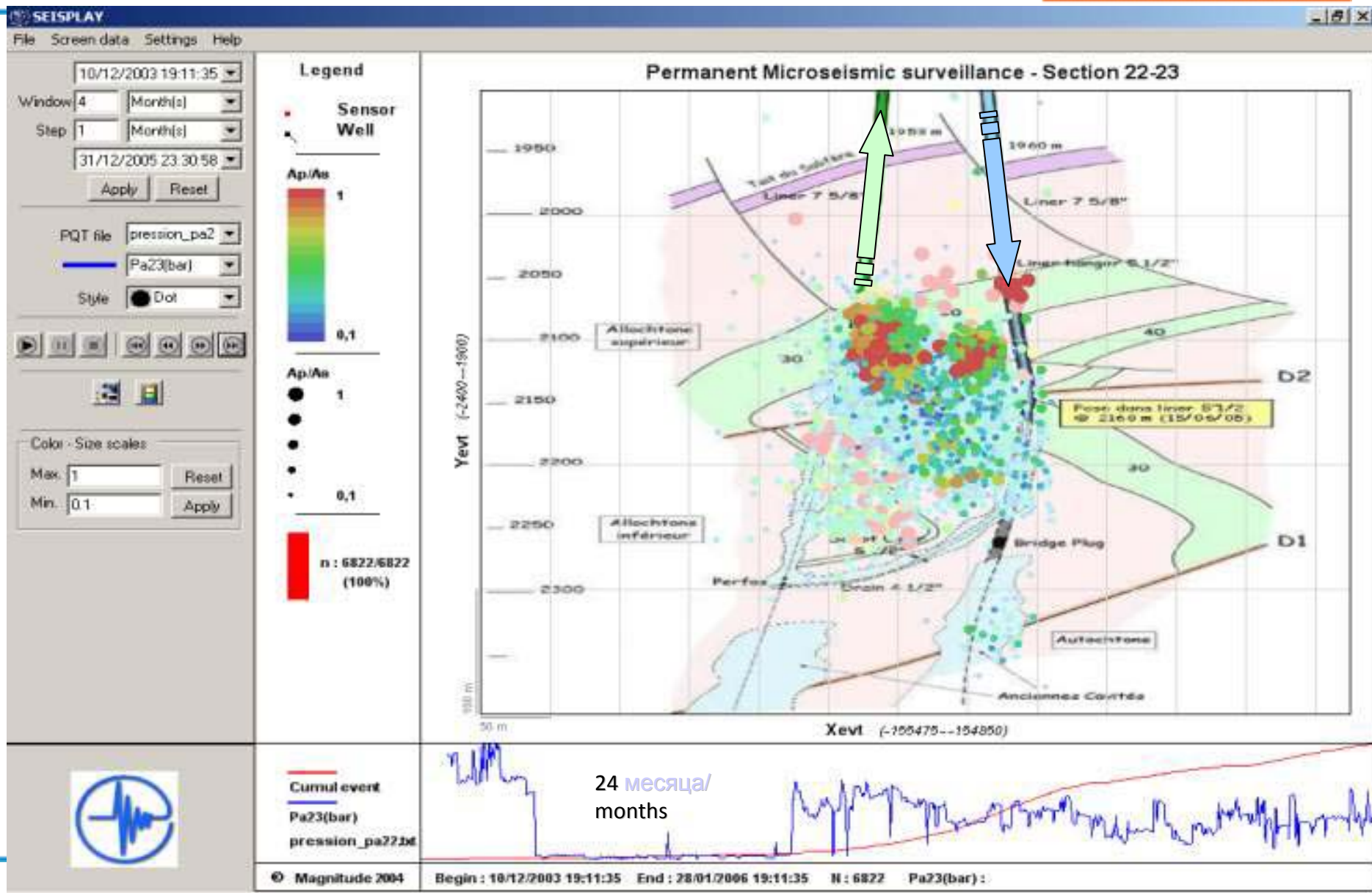
Пример: Мониторинг нагнитания (Постоянная съемка)

Example: Injection Monitoring (Permanent Survey)



Пример: Мониторинг нагнитания (Постоянная съемка)

Example: Injection Monitoring (Permanent Survey)



Пример: Мониторинг нагнитания (Постоянная съемка)

Example: Injection Monitoring (Permanent Survey)

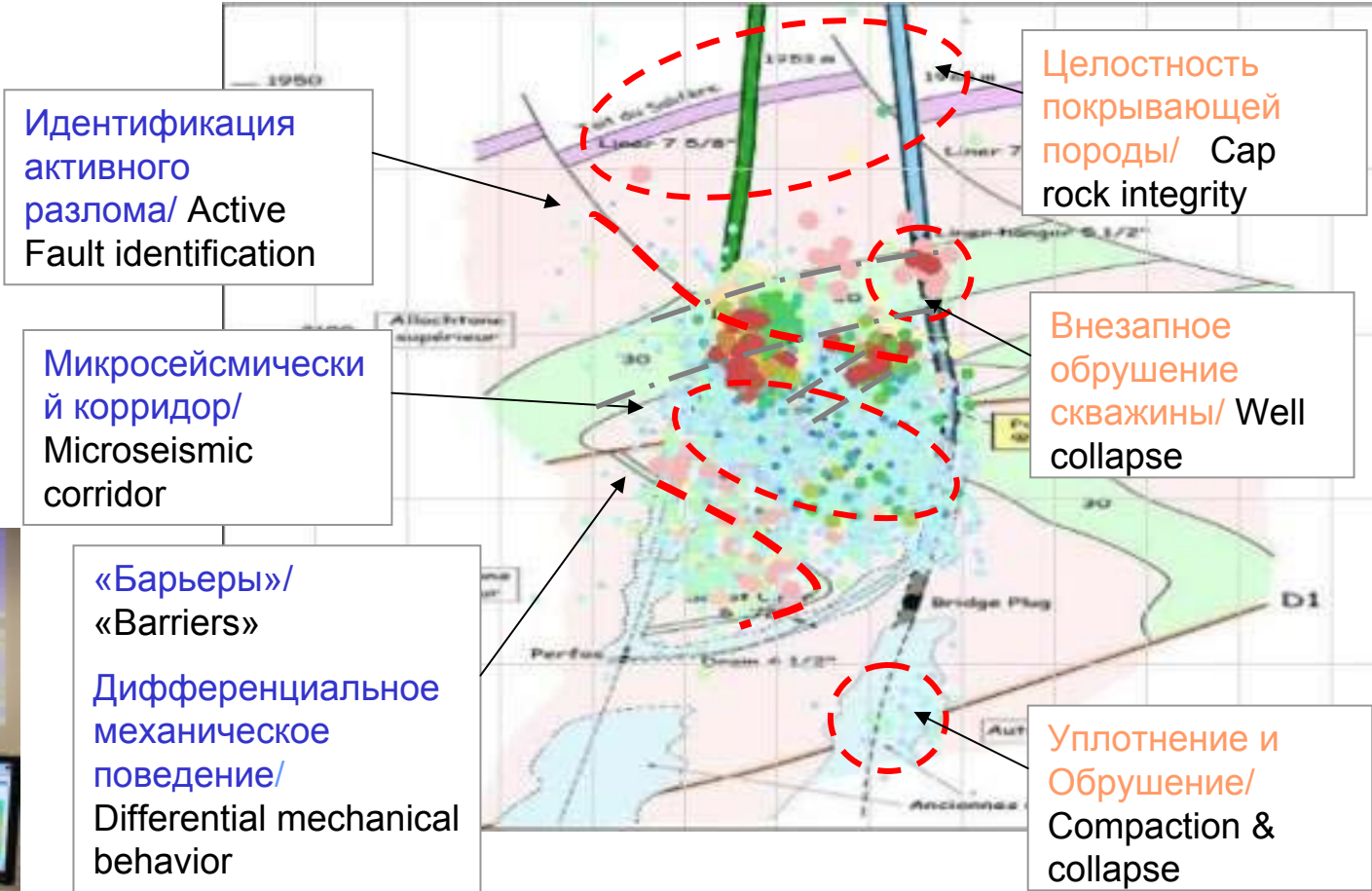
Непредвиденное изменение маршрута/ Track unexpected behavior

- Съемка /Acquisition QC
- Передача данных / Data Transfer
- Обработка/ Processing
- Отчет/ Reporting



Оптимизация/ Optimisation

Риск/ Hazard



Идентификация активного разлома/ Active Fault identification

Микросейсмический корридор/ Microseismic corridor

«Барьеры»/ «Barriers»
Дифференциальное механическое поведение/ Differential mechanical behavior

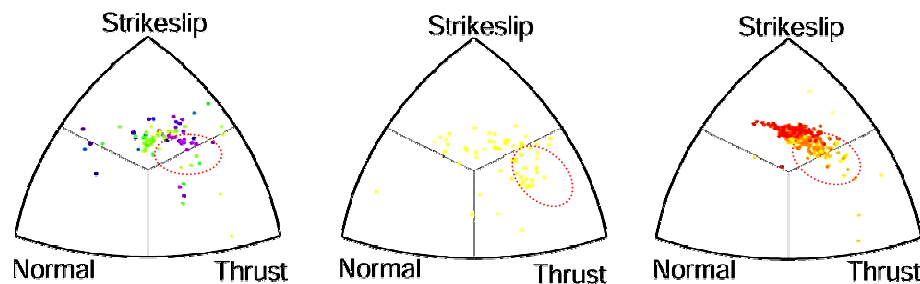
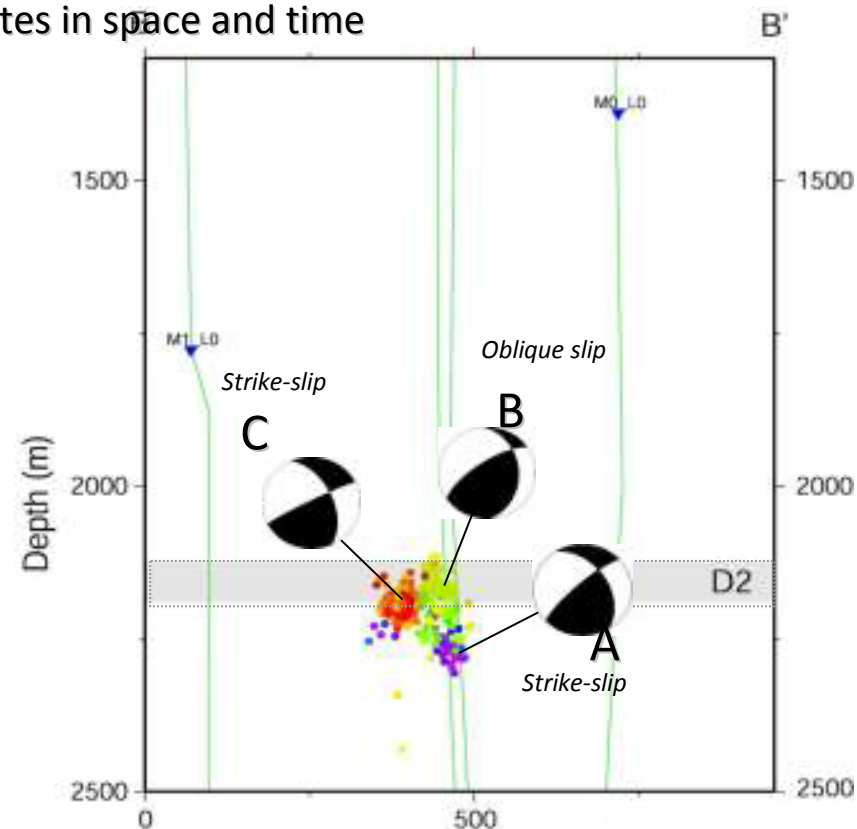
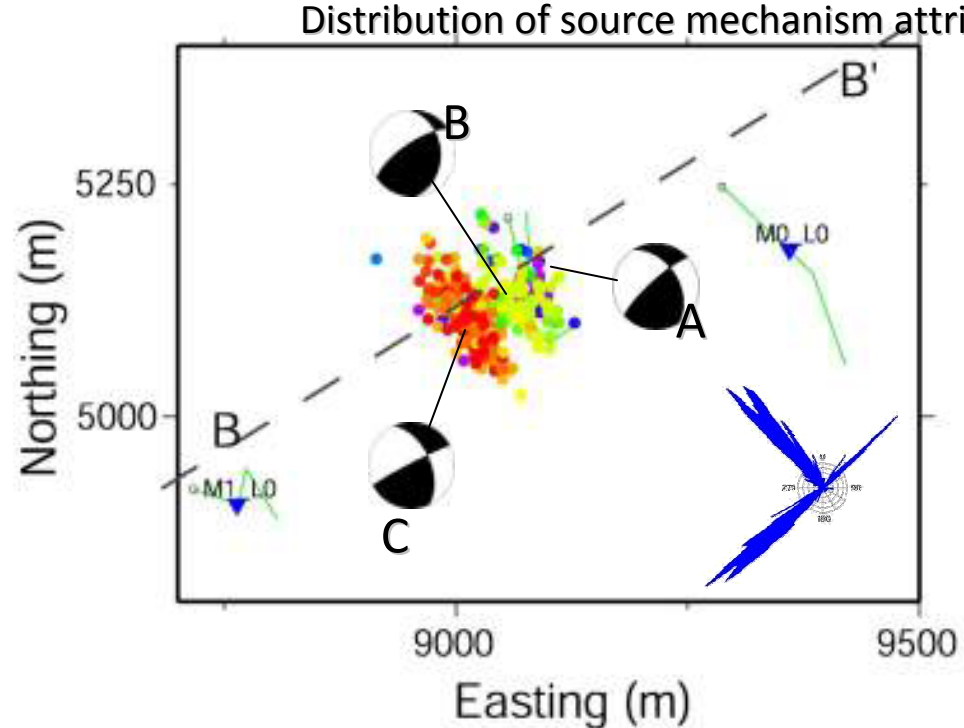
Целостность покрывающей породы/ Cap rock integrity

Внезапное обрушение скважины/ Well collapse

Уплотнение и Обрушение/ Compaction & collapse

Пример: Результаты 4Д съемки (X,Y,Z,T0 and attributes) Example 4D Deliverable (X,Y,Z,T0 and attributes)

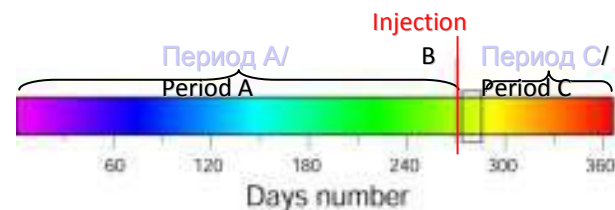
Распределение свойств механизма источника в пространстве и во времени/
Distribution of source mechanism attributes in space and time



Период A/
Period A

Период B/
Period B

Период C/
Period C



Микросейсмический мониторинг/ *Microseismic Monitoring*

Краткое обзор разработки технологии/ Technology development short review

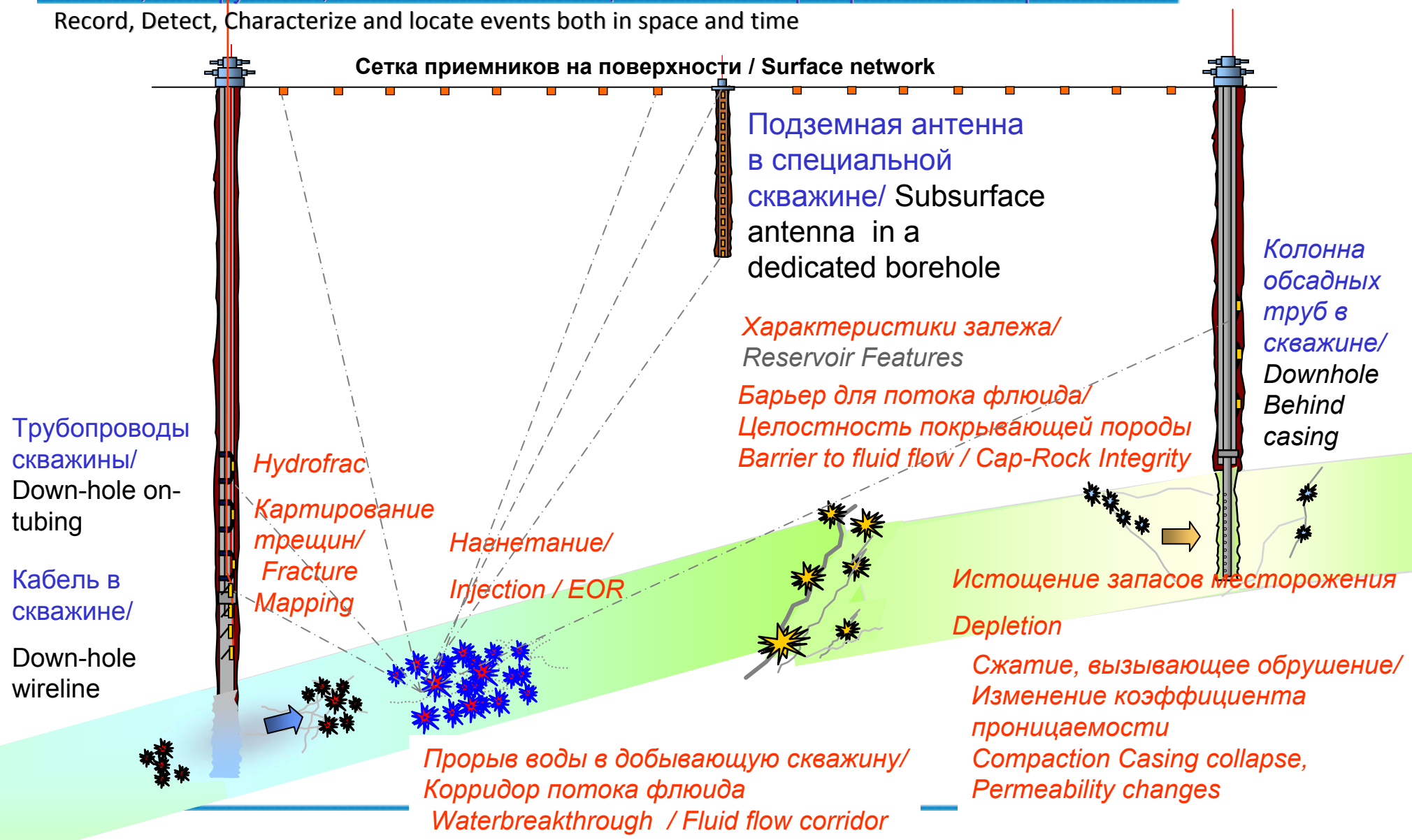
Проектирование Оборудования и Сети/ Hardware & Network design

Применяемое Программное Обеспечение и методика обработки данных /
Software & Processing approach

Обзор технологии: Проектирование сети / Technology Review: Network design

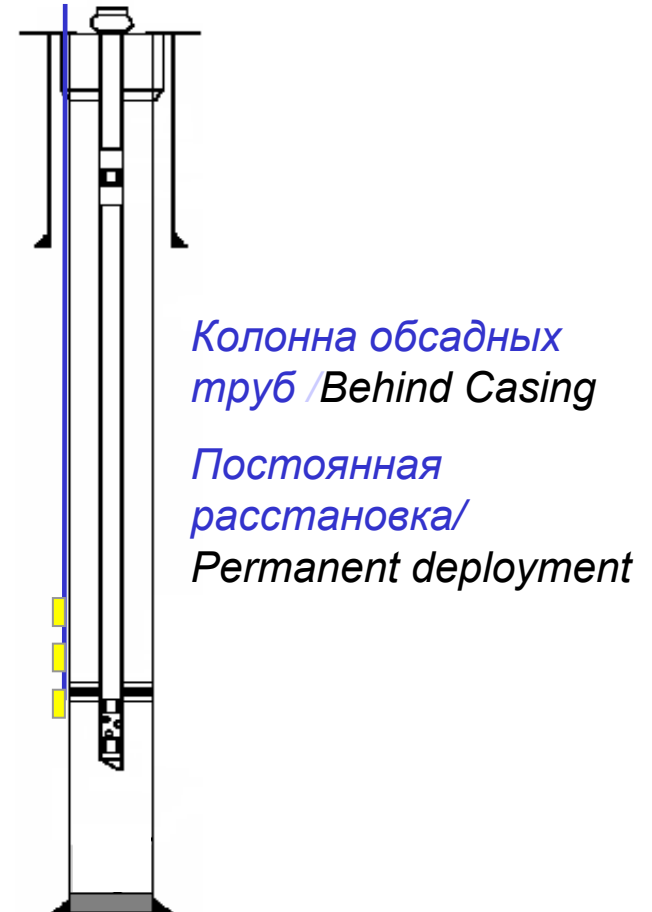
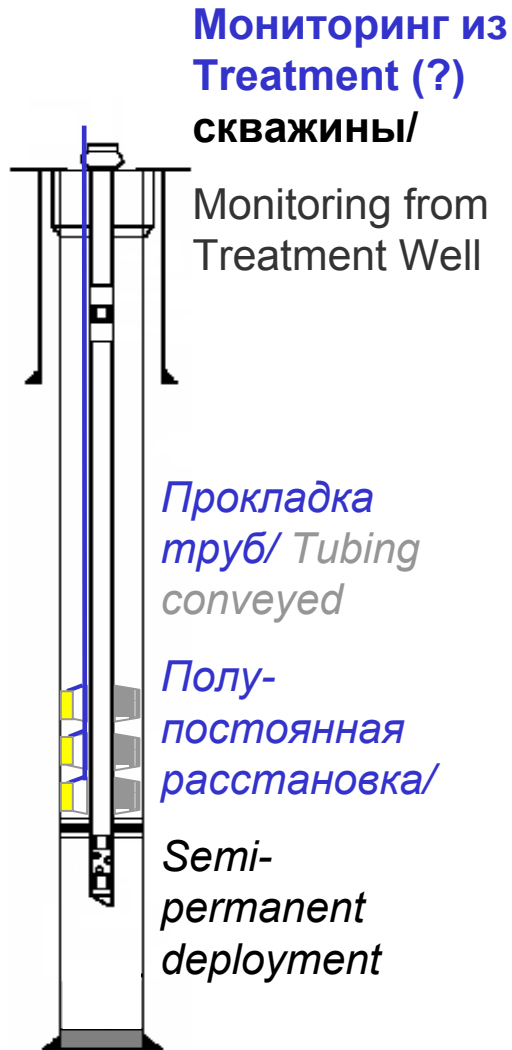
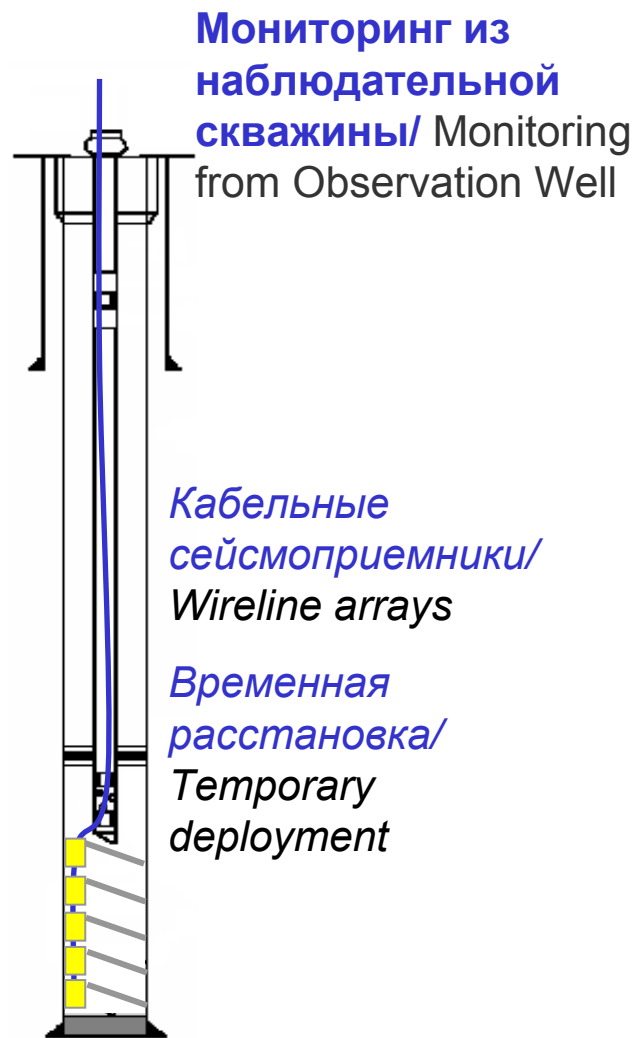
Запись, Обнаружение, Описание и Локализация событий в пространстве и во времени/

Record, Detect, Characterize and locate events both in space and time



Обзор технологии: Расстановка сейсмоприемников

Technology Review: Downhole arrays

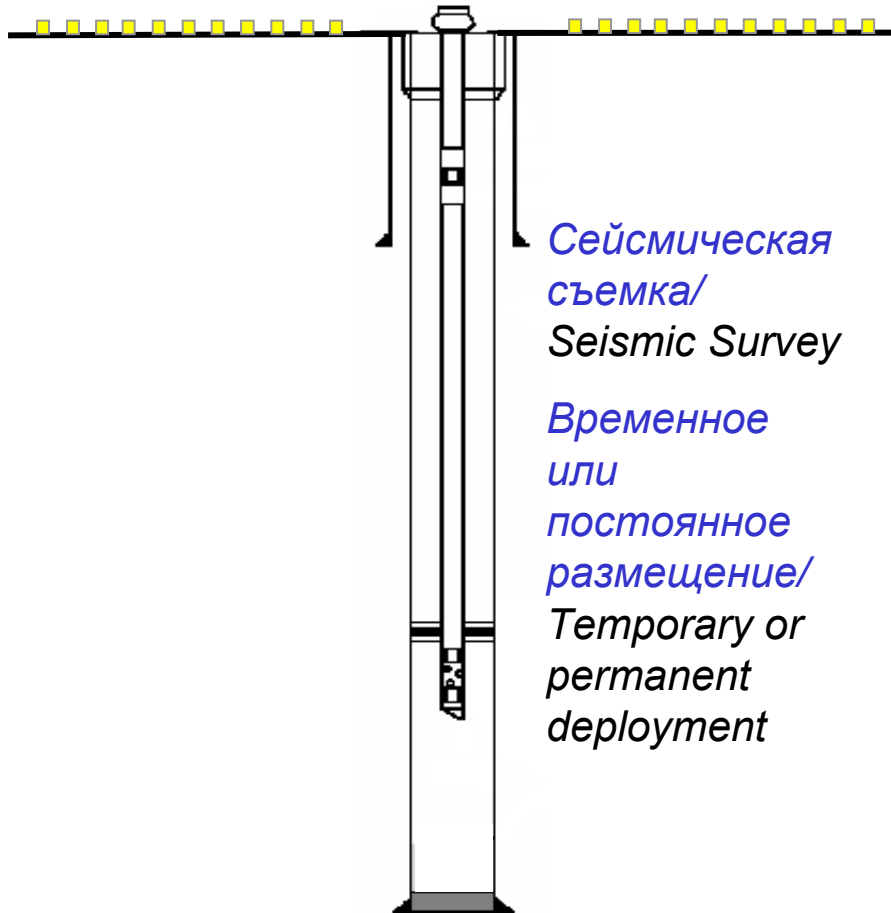


Обзор технологии : Поверхностные и близповерхностные сейсмоприемники

Technology Review: Surface and near surface arrays

Мониторинг с поверхности/
Monitoring from Surface

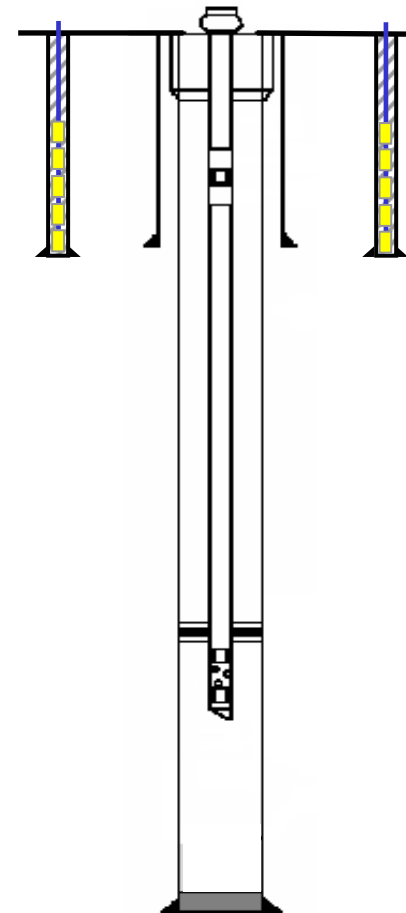
Monitoring from Surface



*Сейсмическая
съемка/
Seismic Survey*

*Временное
или
постоянное
размещение/
Temporary or
permanent
deployment*

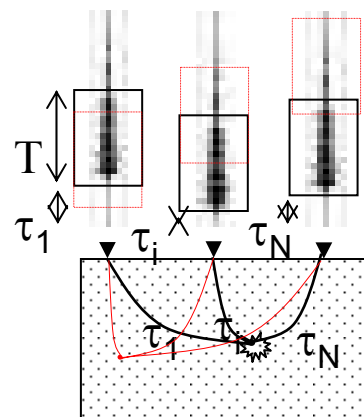
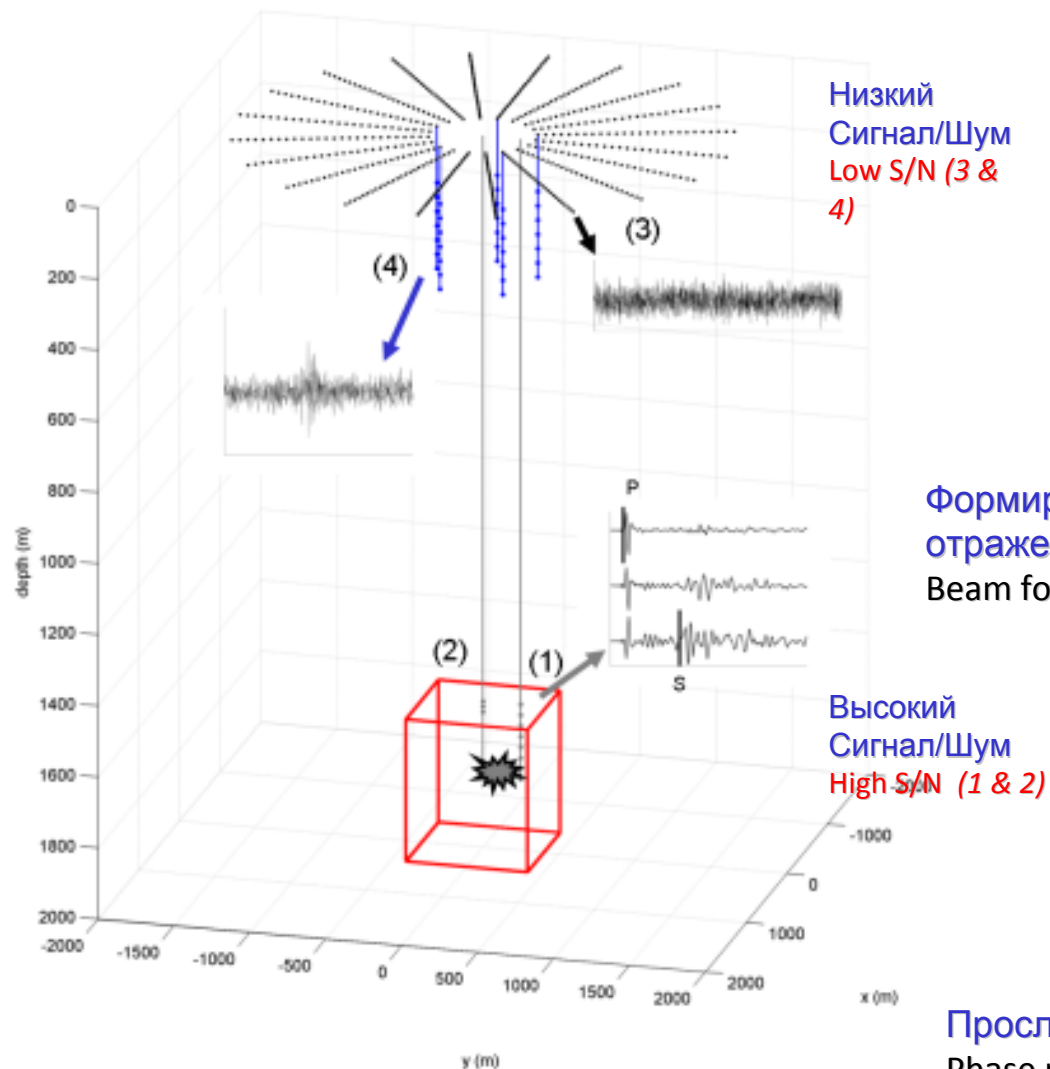
Мониторинг из
близповерхностной зоны/
Monitoring from Near-Surface



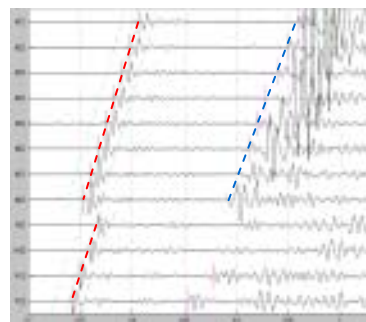
*Специальные
малоглубинные
скважины/
Dedicated shallow
wells*

*Постоянное
размещение/
Permanent
deployment*

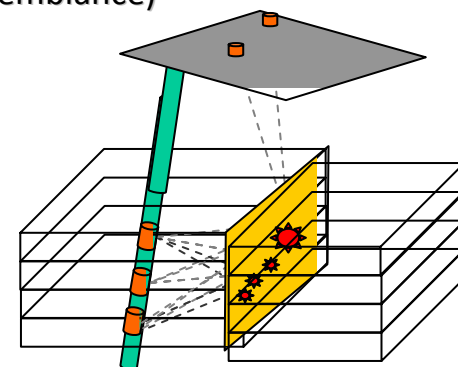
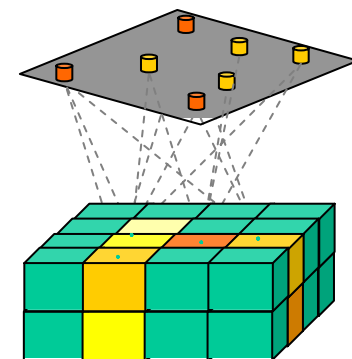
Обзор технологии: методика обработки данных/ Technology review : Processing approach



Формирование пучка: Разность времени вступления отраженной волны и stack (?) (мера когерентности)
Beam forming : Moveout and stack (semblance)

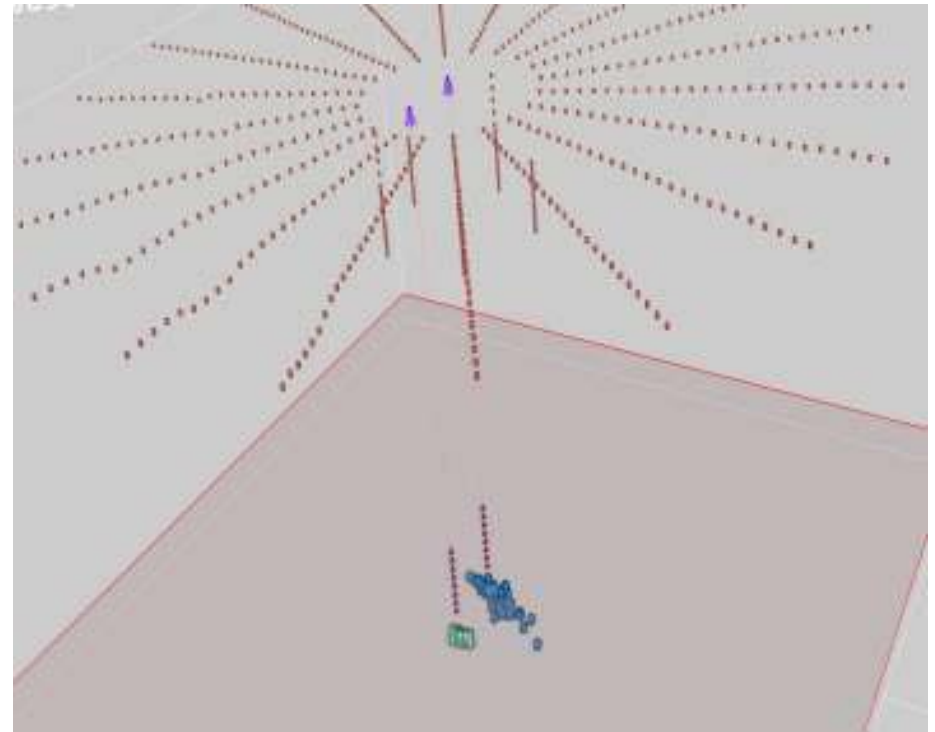
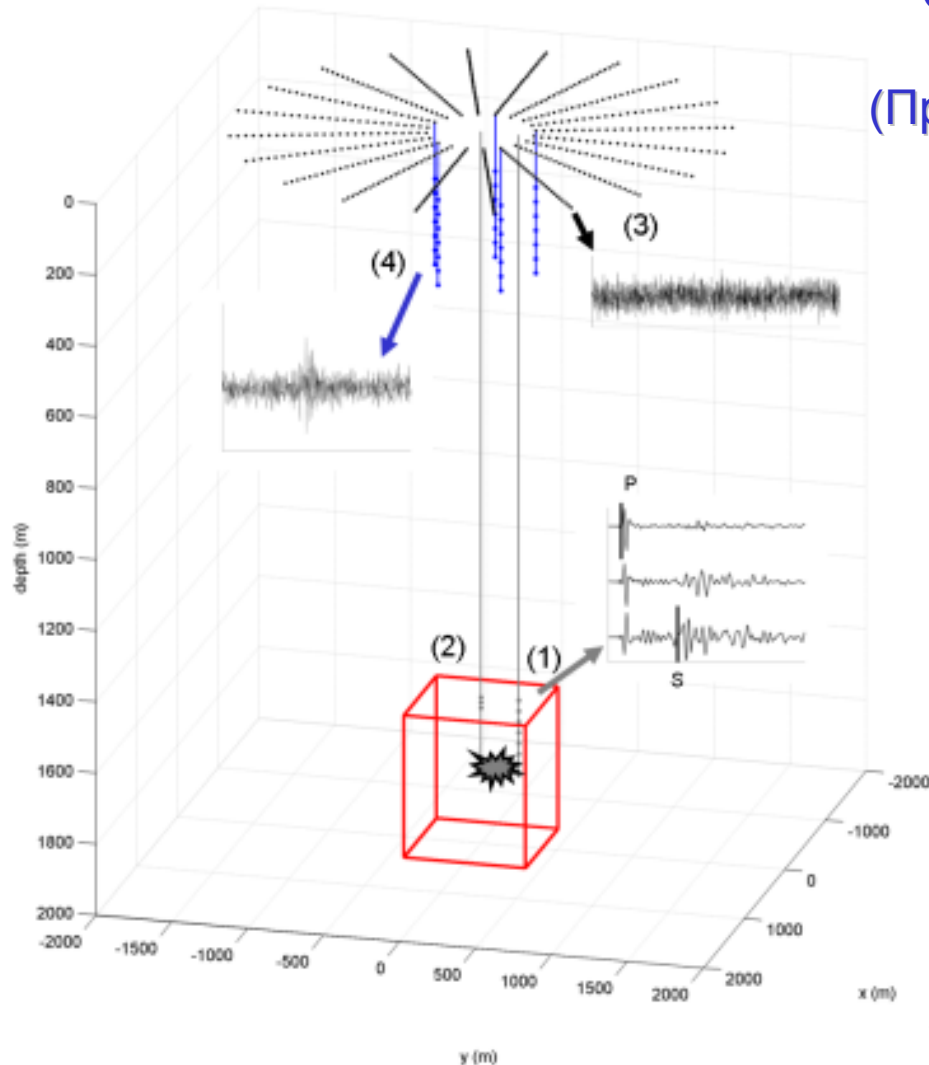


Прослеживание фазы: s(t) инверсия
Phase picking : s(t) inversion



Обзор технологии: методика обработки данных/ Technology review : Processing approach

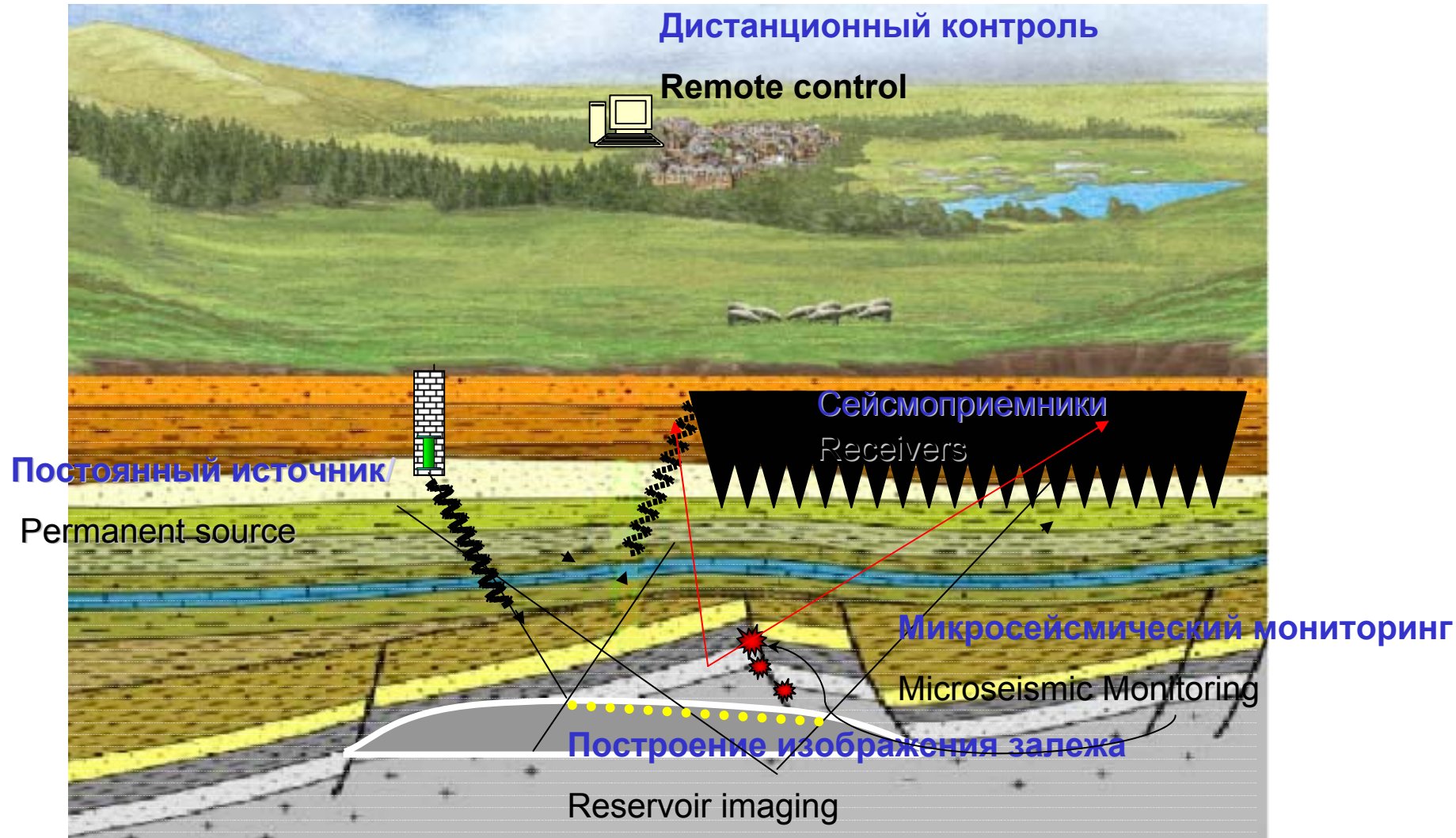
Обзорная карта района работ может быть
сделана на основе обоих методов
(Прослеживание фазы и формирование пучка)



Location map (X,Y,Z,T0) can be produced from both
approach (Phase picking and beam forming)

Обзор технологии: Сочетание Активной и Пассивной Сейсморазведки

Technology Review: Combination of Active and Passive seismic

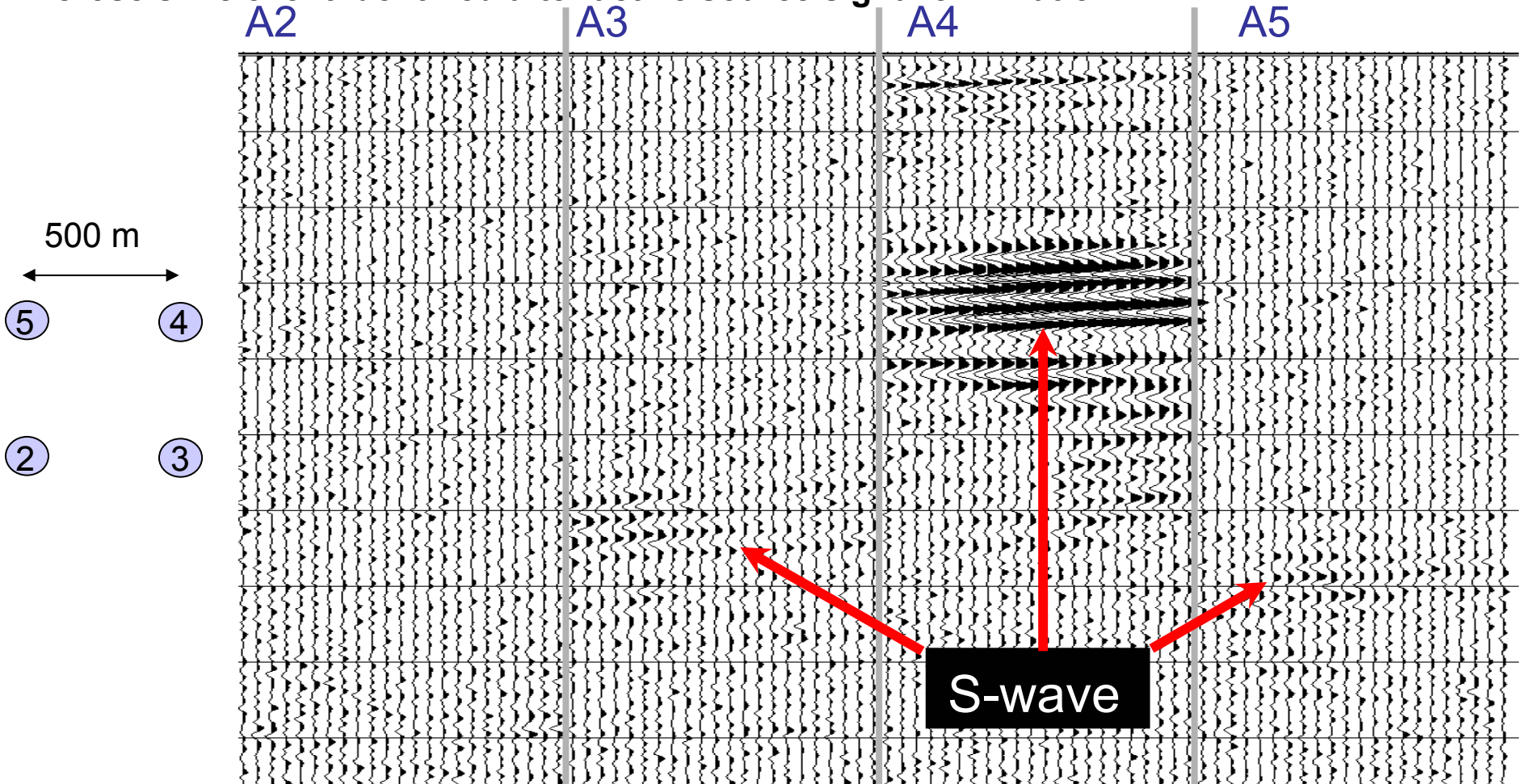


Обзор технологии: Сочетание Активной и Пассивной Сейсморазведки

Technology Review: Combination of Active and Passive seismic

Микросейсмическое волна, обнаруженная после подавления сигнала активного источника

Microseismic event identified after active source signal elimination



Заключение/ Conclusions

- **Микросейсмичность – это динамический эффект, вызванный давлением, связанный с трещинами и разломами (динамический подход действие/реакция) Microseismicity is a pressure induced dynamic effect associated to cracks, fractures and faults (action/reaction dynamic approach)**
- **Микросейсмический мониторинг нацелен на выявление характера изменений, вызванных/активированных при помощи нагнитания или выработкой (отображение небольших трещин/ распознавание выхода энергии упругой деформации) Microseismic monitoring is aimed at highlighting behaviors induced/triggered by injection or production (imaging small ruptures/identifying release of elastic strain energy)**
- **Микросейсмический анализ требует воспроизведения истории разработки месторождения и корреляции с другими данными (анализ и интерпретация не прямой причины/эффекта) Microseismic analysis requires history matching and correlation with other data (non direct cause/effect analysis & interpretation)**
- **Микросейсмическая съемка требует четкого определения целей для определения соответствующих средств (правильные данные правильным людям в нужное время) Microseismic surveys require a clear definition of objectives to define appropriate means (right data to the right people at the right time)**