



Институт горного дела Сибирского отделения РАН
Институт вычислительной математики и математической геофизики
Новосибирский государственный университет

МОНИТОРИНГ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА И СЕЙСМИЧЕСКОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ ДОБЫЧИ НЕФТИ

Д.т.н. С.В. Сердюков, академик М.В. Курленя

2008

Государственный контракт № 02.515.11.5028

Общая характеристика

Объект исследований - технологические решения в области мониторинга и предотвращения катастрофических проявлений геодинамических процессов, сейсмического стимулирования добычи нефти и газа.

Цель исследований - разработка прототипа технологии эффективной и безопасной эксплуатации залежей нефти и газа с учетом геодинамических и природно-техногенных процессов в продуктивном пласте и покрывающей толще горных пород.

ОСОБЕННОСТИ ОБЪЕКТА МОНИТОРИНГА:

Специфически условия продуктивных пластов залежей нефти и газа ограничивают возможности использования традиционных методов мониторинга геодинамических процессов (инструментальные геомеханические измерения, исследования керна, геодезические наблюдения деформации дневной поверхности, спутниковые технологии, электромагнитные и акустические методы)

Наземные методы сейсмических исследований для решения задачи постоянного мониторинга состояния нефтегазовых месторождений не пригодны по экономическим причинам.

На нефтяных промыслах хорошо развит гидродинамический мониторинг и моделирование фильтрационных процессов.

Технологическая схема и режимы работы

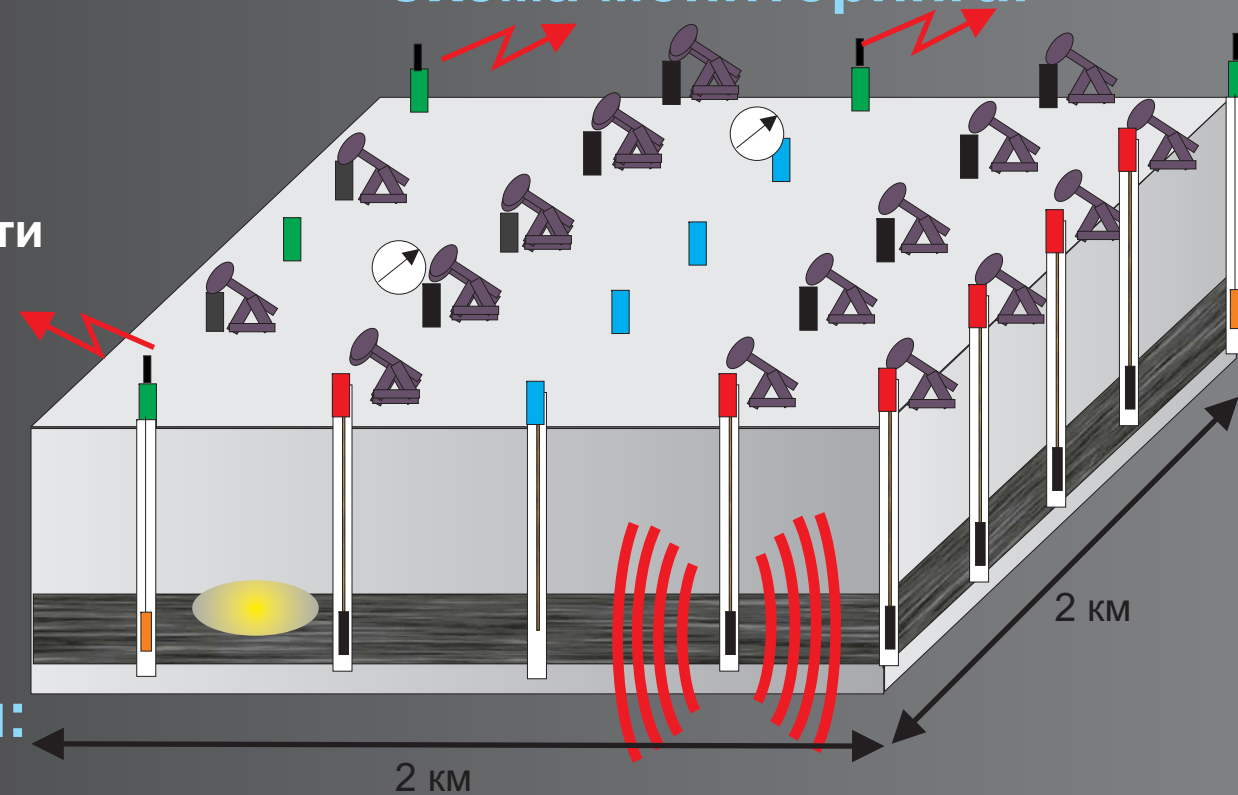
Сейсмические режимы:

- межскважинное просвечивание
- возбуждение наведенной сейсмичности
- фиксация микросейсмических очагов
- сторожевой сейсмологический режим

Промысловые и геомеханические наблюдения:

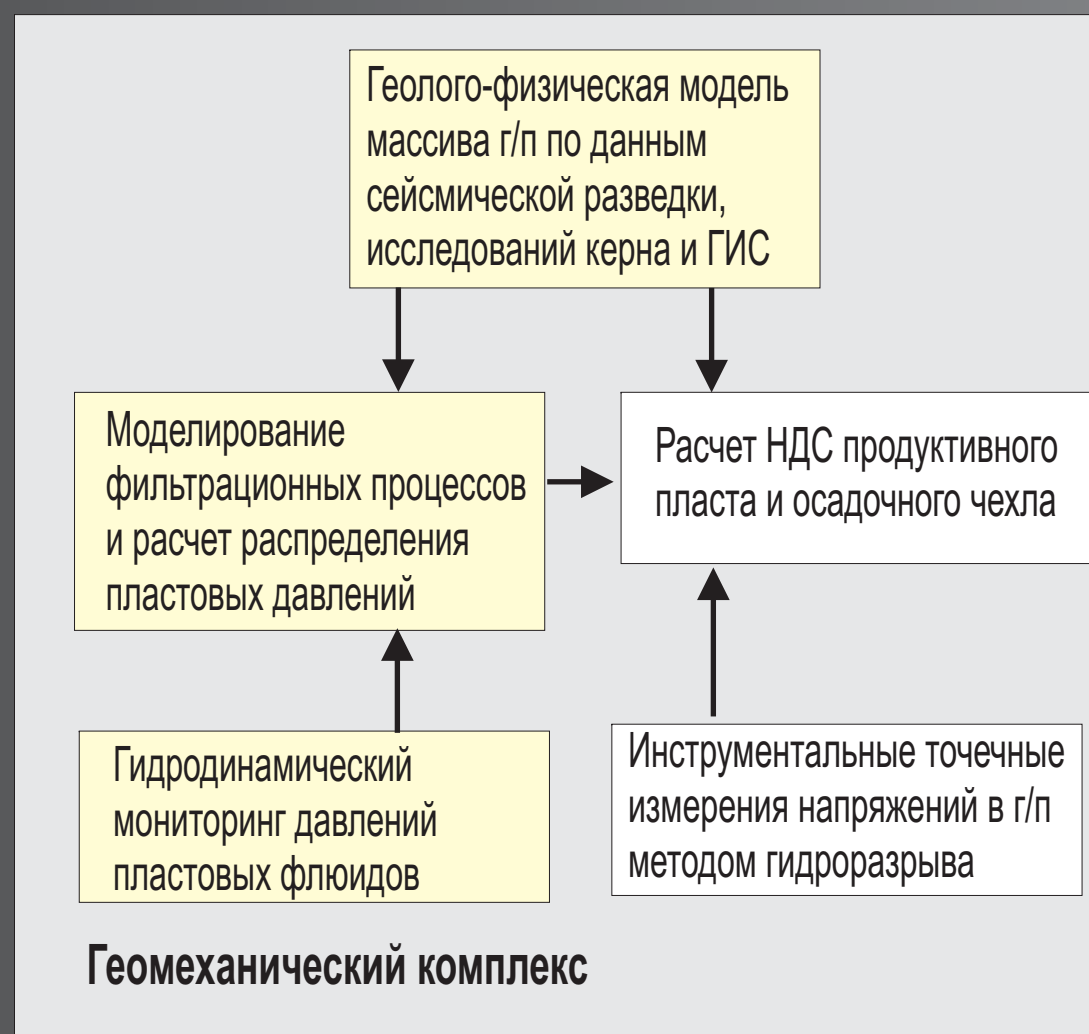
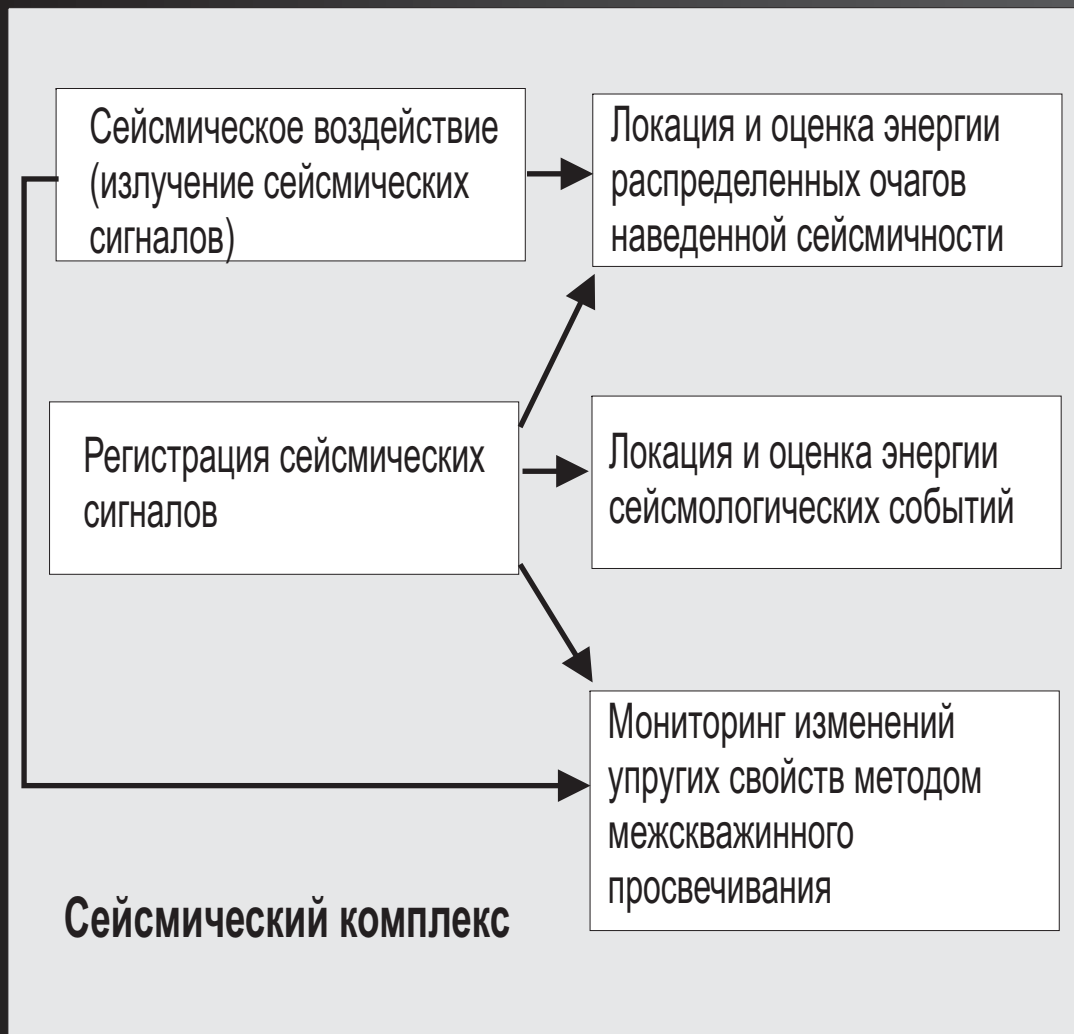
- гидродинамические наблюдения и моделирование
- локальные инструментальные измерения напряженного состояния (специальный вид ГИС)
- активное эмиссионное зондирование

Схема мониторинга:



- Инструментальные измерения напряжений
- Сейсмический очаг
- Сейсмический зондирующий сигнал
- Нагнетательная скважина
- Добывающая скважина
- Контрольная скважина с сейсмической антенной
- Добывающая скважина с сейсмическим источником
- Радиоканал

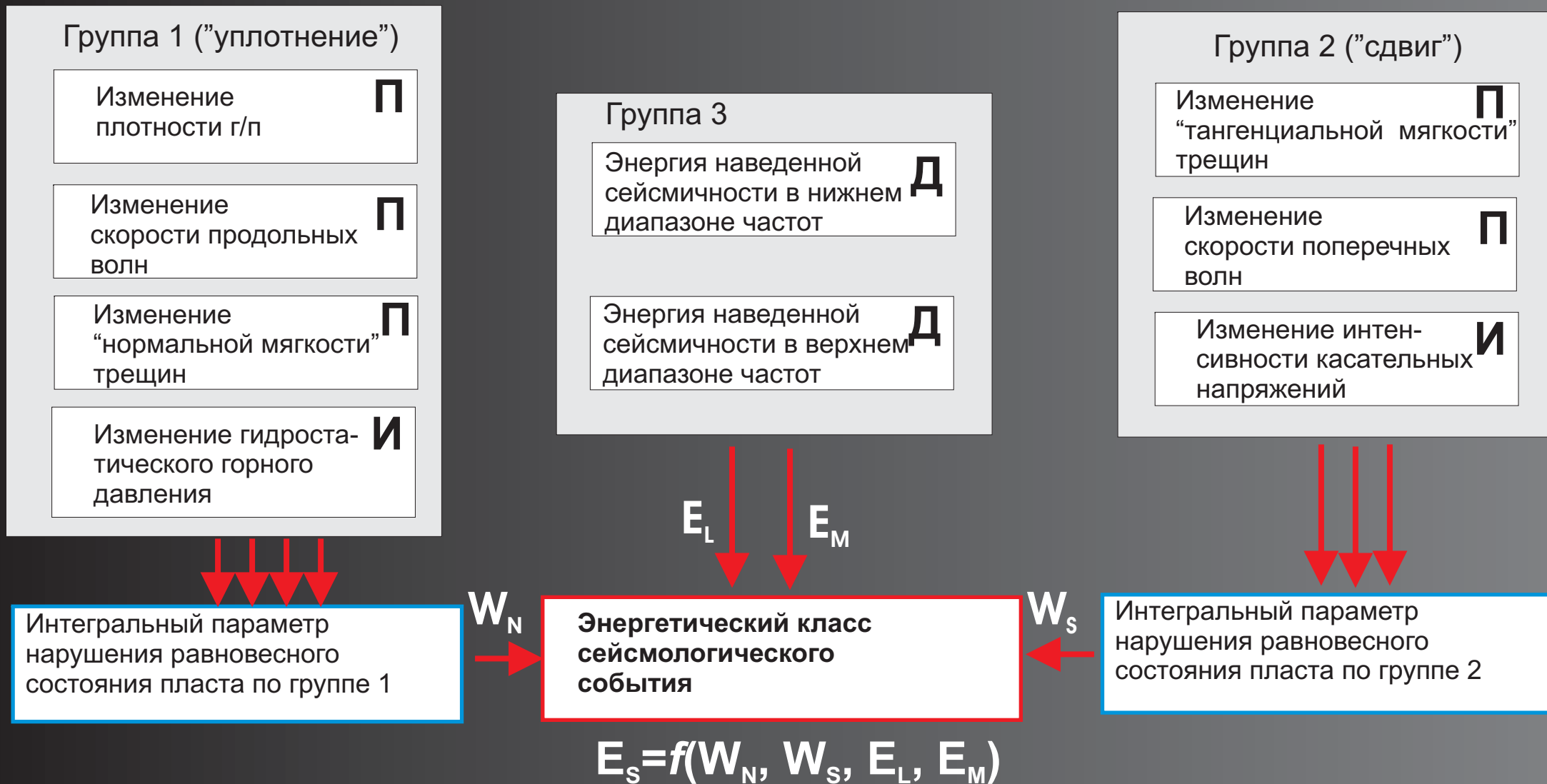
Методический комплекс



■ Штатные промысловые блоки ■ Разрабатываемые блоки

В РАБОТЕ ИСПОЛЬЗОВАНЫ: методы решения прямых и обратных сейсмических задач, сейсмической томографии, конечных элементов, корреляционный и спектральный анализ, статистическая обработка, методы расчета НДС твердого деформируемого тела, математическое моделирование.

Контролируемые параметры и их группирование



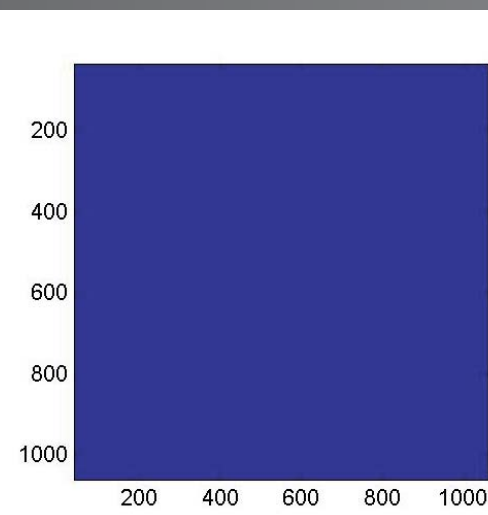
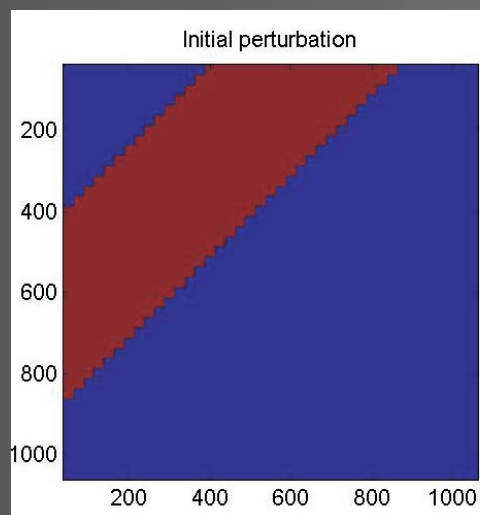
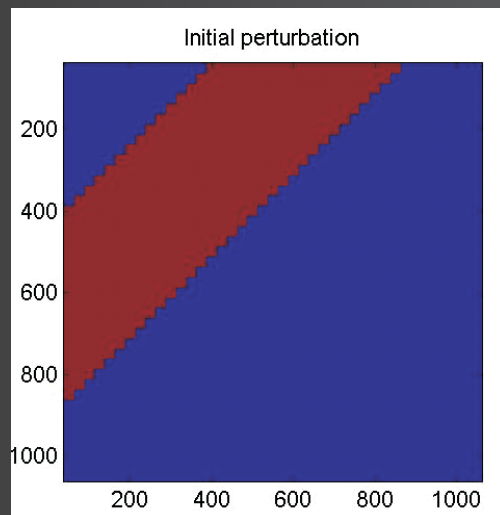
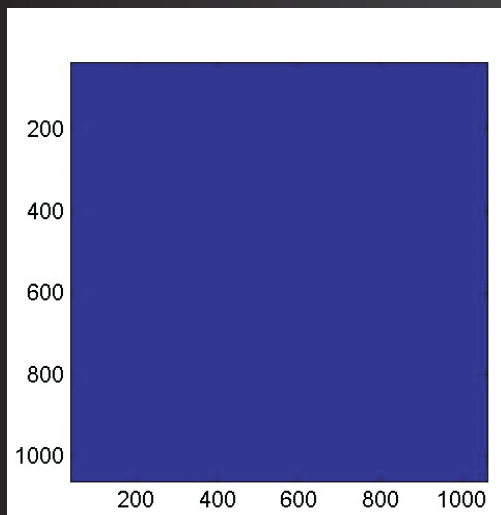
И - интегральный параметр, зависящий от истории объекта
П - потенциометрический параметр, зависящий от текущего состояния объекта
Д - дифференциальный параметр, показывающий нестабильность объекта

Мониторинг изменения упругих свойств продуктивного пласта

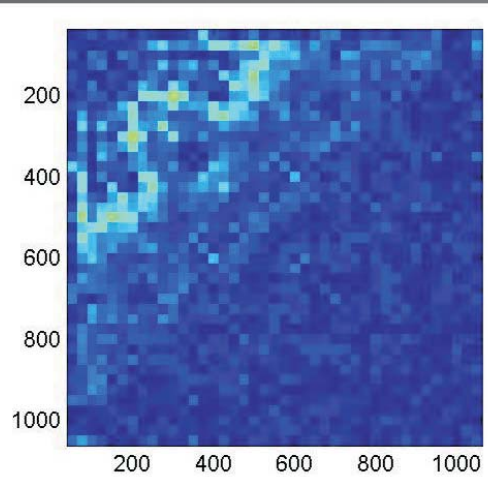
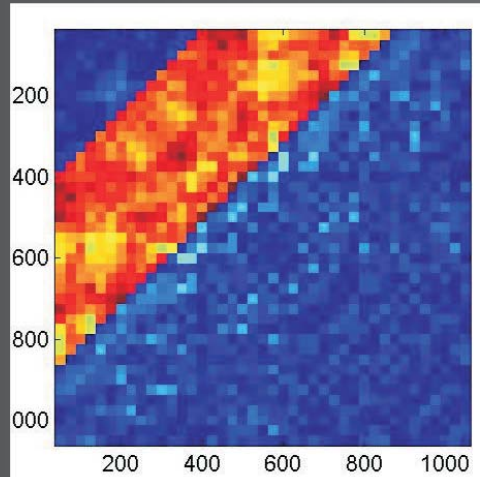
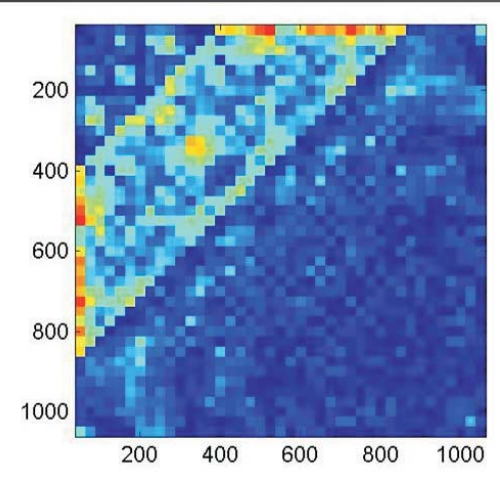
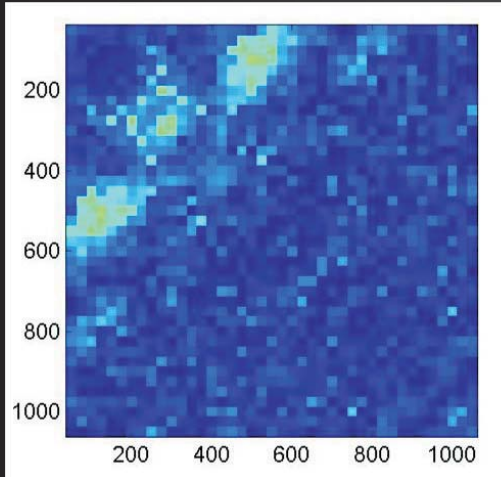
Создан алгоритм определения изменений упругих параметров трансверсально-изотропной среды по данным межскважинного сейсмического просвечивания, адаптированного к промысловой сетке скважин.

Достигнут приемлемый уровень “каплинга” между изменениями плотности, скоростей продольных и поперечных волн, параметров Томсена.

Модель



Результат восстановления



ϵ

δ

ϵ

δ

Локальные возмущения параметров Томсена

Локация очагов наведенной сейсмичности и сейсмологических событий (горные удары, техногенные землетрясения)

ОСОБЕННОСТИ:

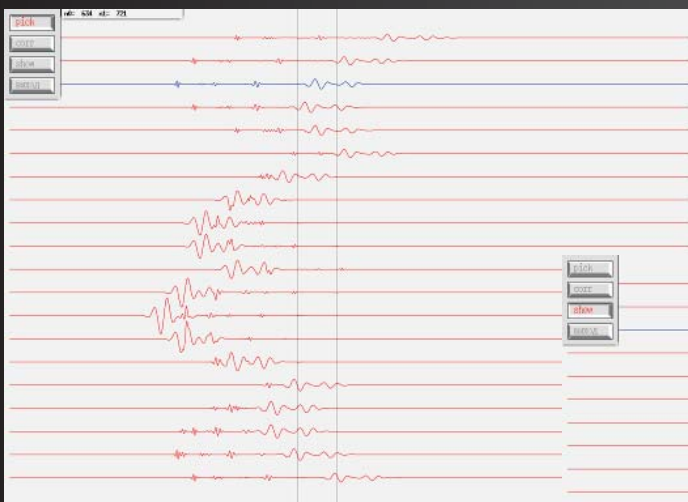
Активная геофизическая (шумящая) среда

Распределенный несинхронный множественный источник с неизвестной формой импульса.

РЕЗУЛЬТАТЫ:

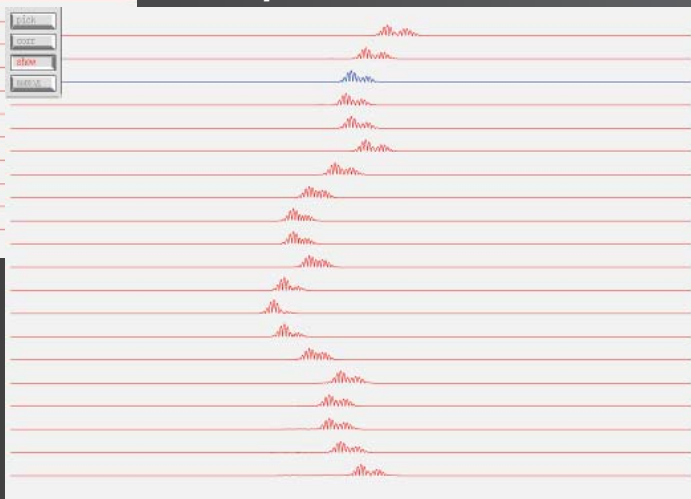
Корреляционный алгоритм определения времени вступления с учетом геометрической связности очага, доминирующей поляризации и спектральной полосы его излучения.

Алгоритм локации основанный на решении обратной трехмерной кинематической задачи.

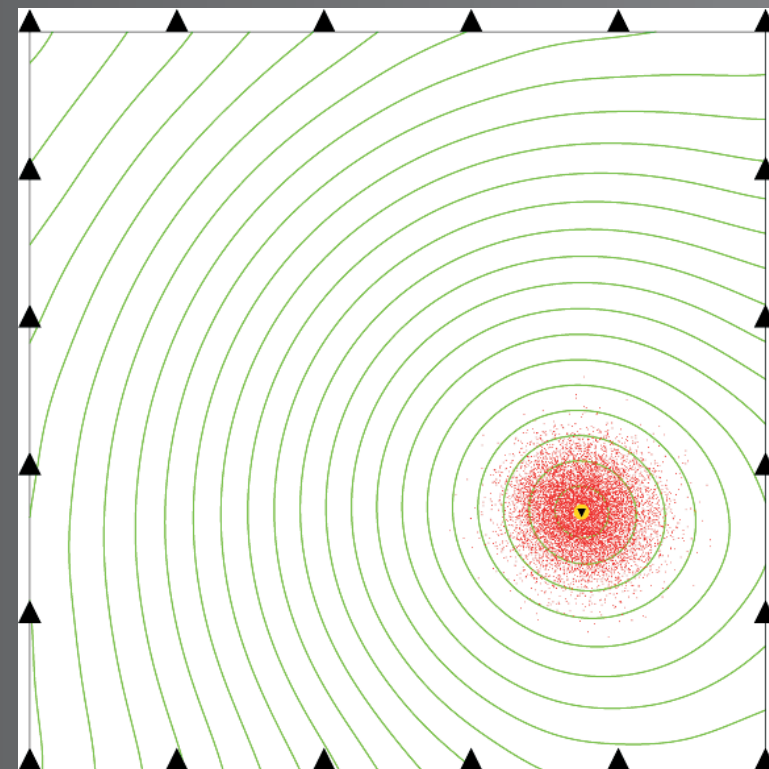


Сейсмограмма с отфильтрованным шумом.

Модули нормированной взаимной корреляции трасс.



Локация очага наведенной сейсмичности



Инструментальные скважинные измерения напряженного состояния проницаемых горных пород *in-situ*

1

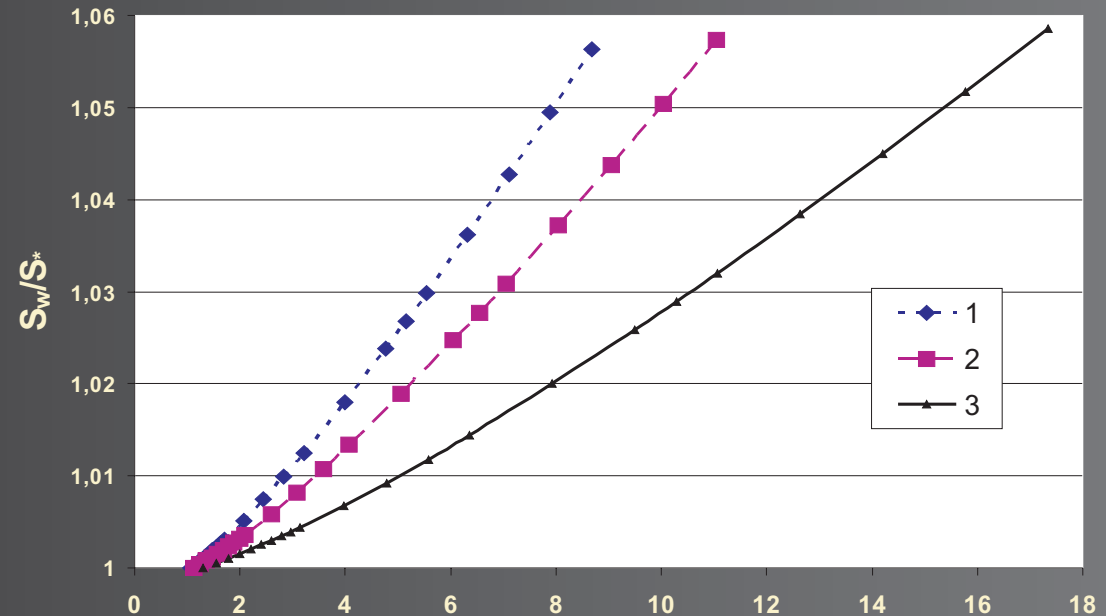
Гидроразрыв (создание измерительных трещин)

2

Определение давления раскрытия трещин

3

Деформационные измерения в раскрытом состоянии трещин



Прототип технического комплекса включает автономную систему локального гидроразрыва с погружным источником давления, а также деформационное устройство с погружным электроприводом. Комплекс адаптирован к штатному оборудованию для проведения ГИС.

В обсаженных скважинах для деформационных измерений предполагается использовать обратимый гель. В такой версии метод предназначен для замены минифрака при производстве технологических ГРП.

Метод позволяет проводить повторные замеры в идентичных условиях.

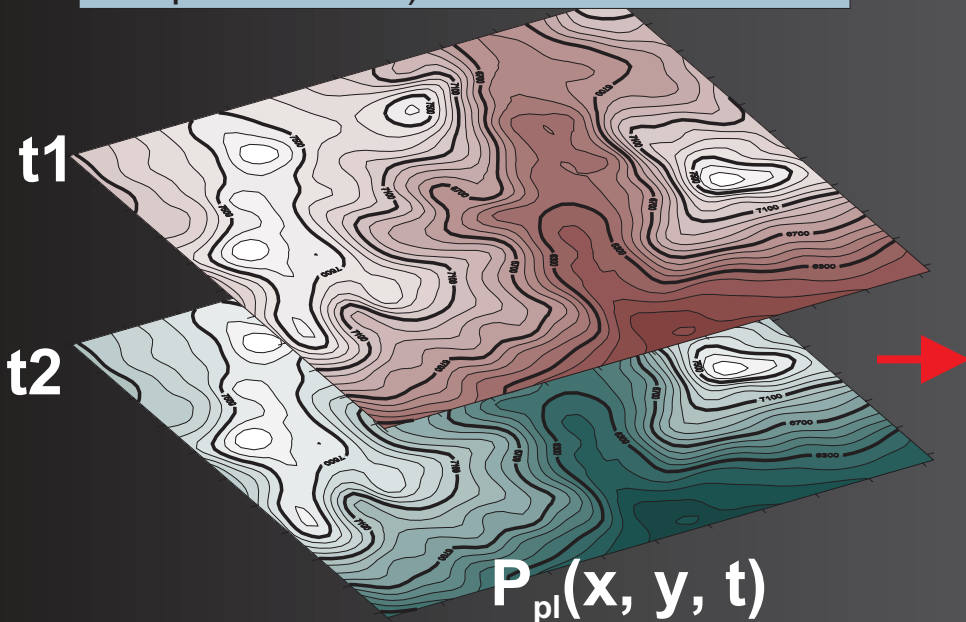
Расчет изменения НДС массива горных пород по данным штатного гидродинамического мониторинга

Измерение текущих забойных и пластовых давлений

Гидродинамические исследования скважин

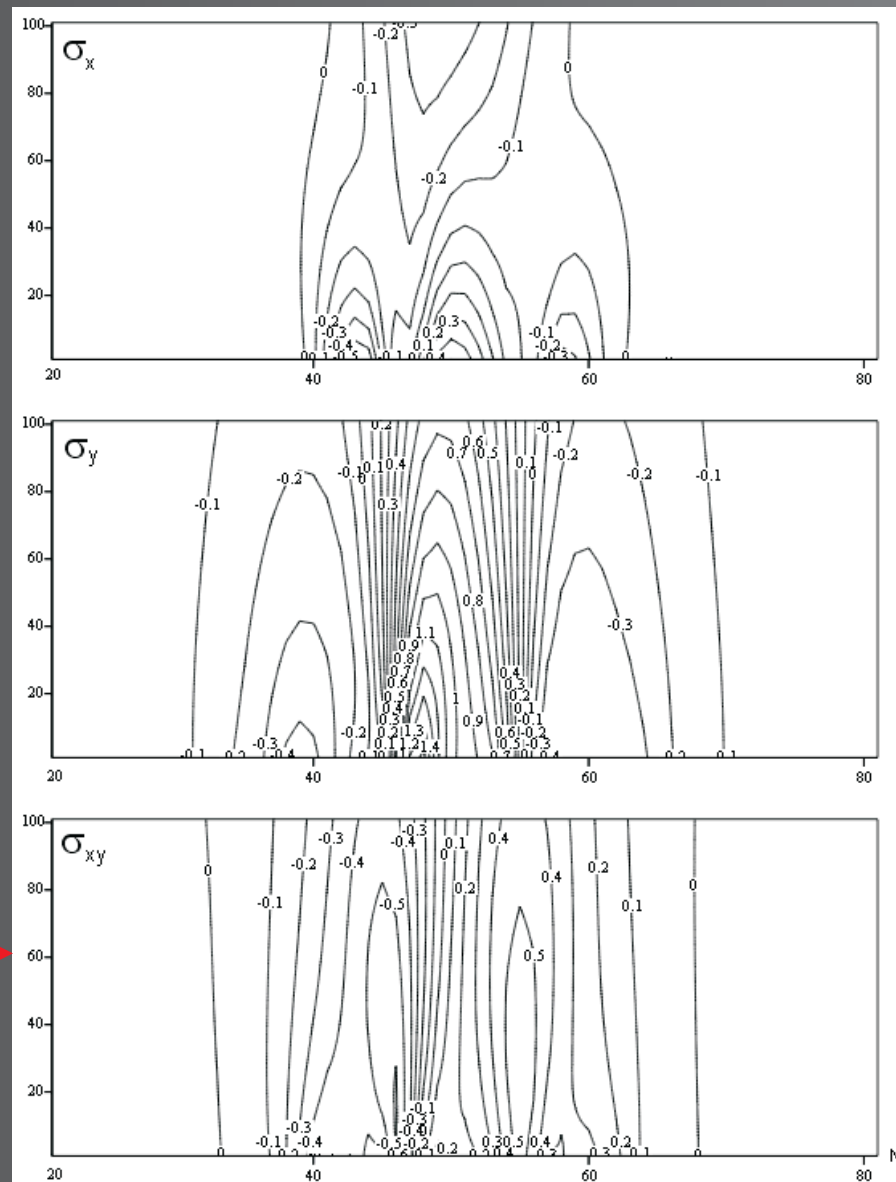
Промысловые замеры дебитов добывающих скважин и закачки воды

Фильтрационная модель, расчет пьезоповерхности (периодичность - раз в 6 мес.)

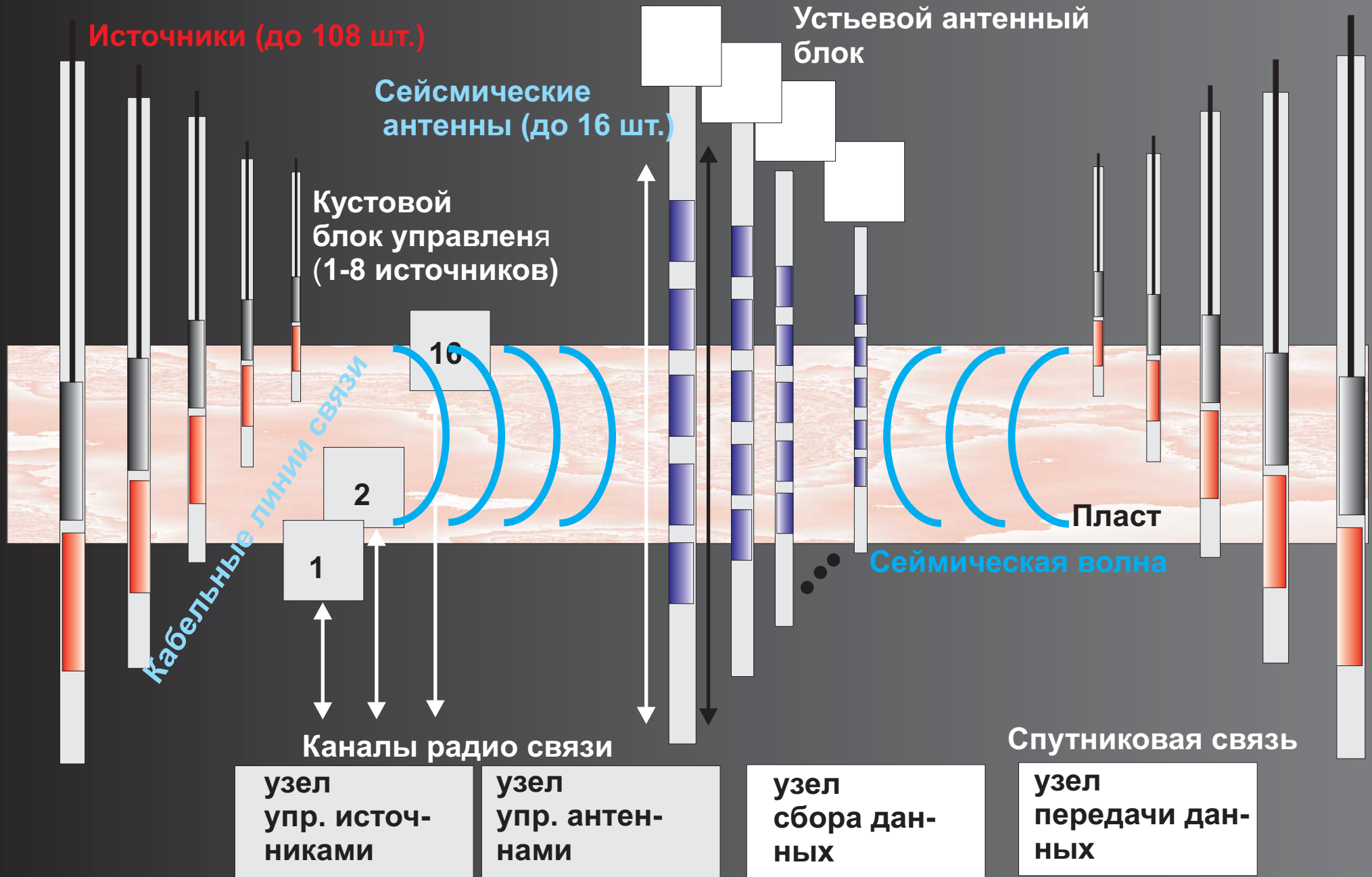


Расчет изменения НДС по известной геолого-физической модели среды

Пример решения модельной задачи



Техническое обеспечение сейсмического комплекса



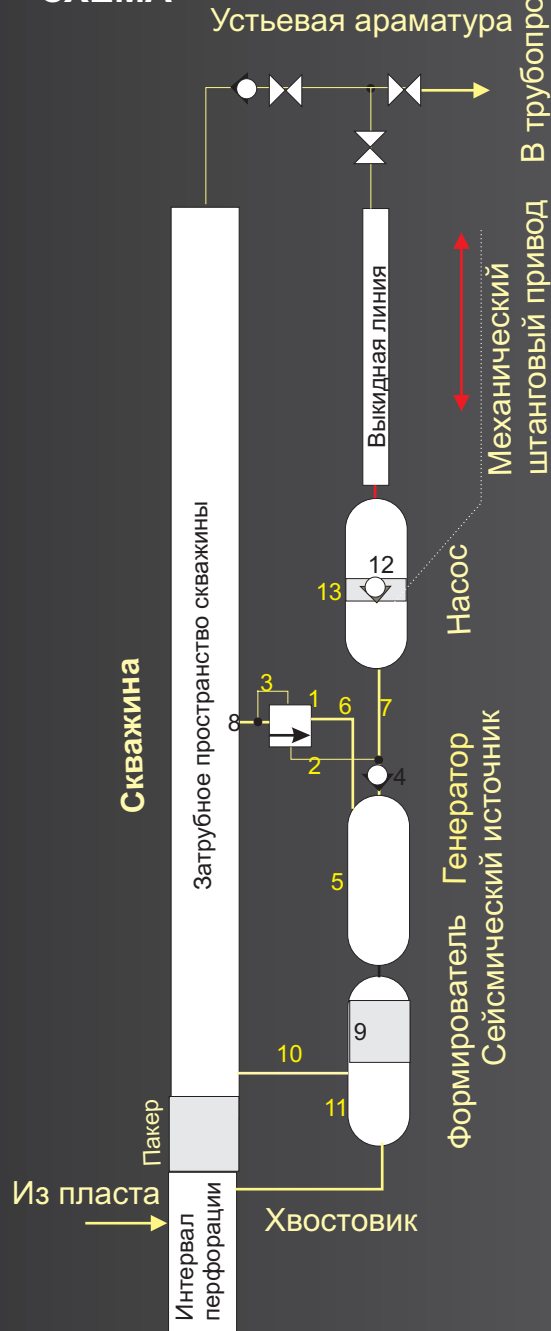
Центр управления сейсмическим комплексом месторождения

Скважинный сейсмический источник

ПОДЗЕМНАЯ КОМПОНОВКА



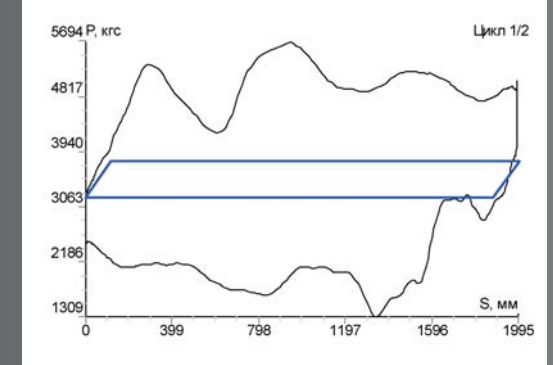
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА



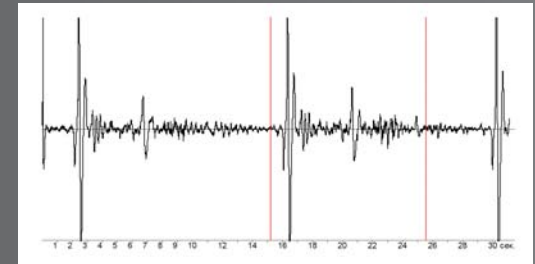
ИСТОЧНИК + НАСОС



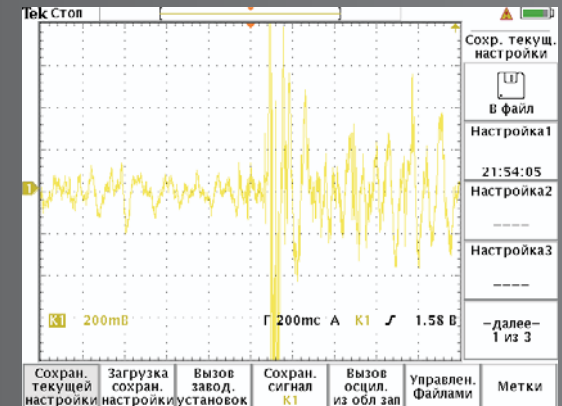
ДИНОМОГРАММА ПРИВОДА ИСТОЧНИКА



ЭХОГРАММА ДИНАМИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПРИ РАБОТЕ ИСТОЧНИКА



СЕЙСМИЧЕСКИЙ ИМПУЛЬС В НЕФТЯНОМ ПЛАСТЕ

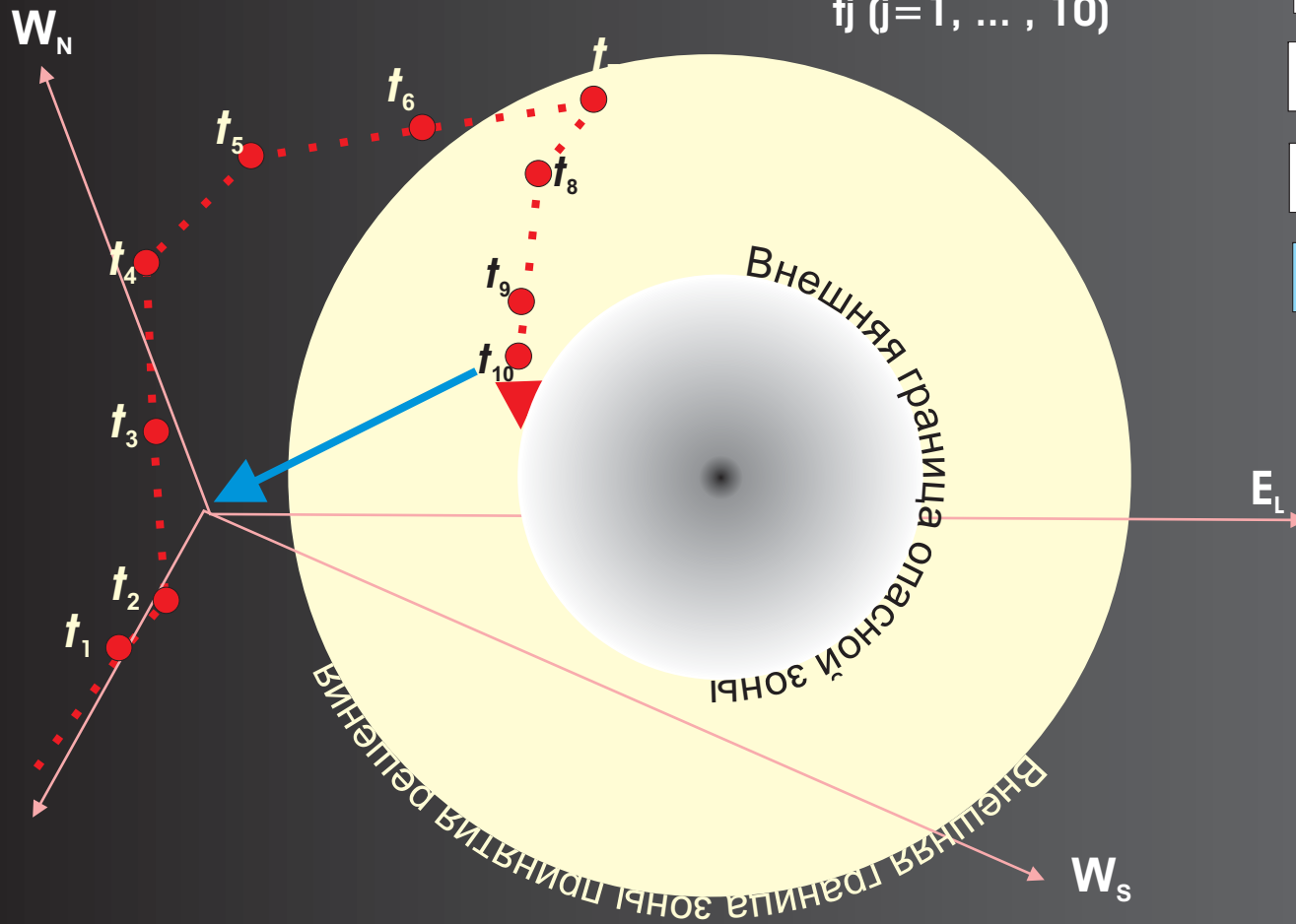


Разработана КД в стандарте API

Испытан в натуральных условиях

Повышение безопасности разработки нефтегазового пласта

$X_i < X < X_{i+1}$
 $Y_i < Y < Y_{i+1}$
 $t_j (j=1, \dots, 10)$



Сравнение с историей сценариев

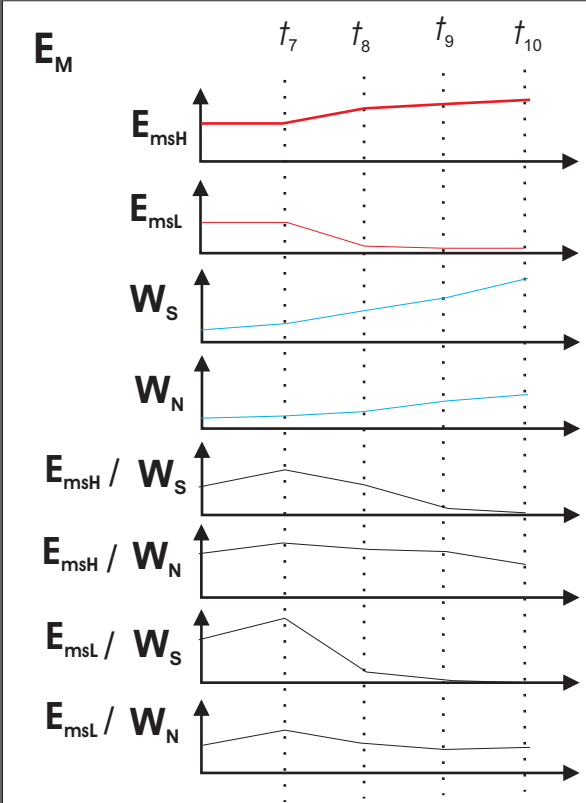
Принятие решения о регулировании

Расчет глубины регулирования $P_{пл}$

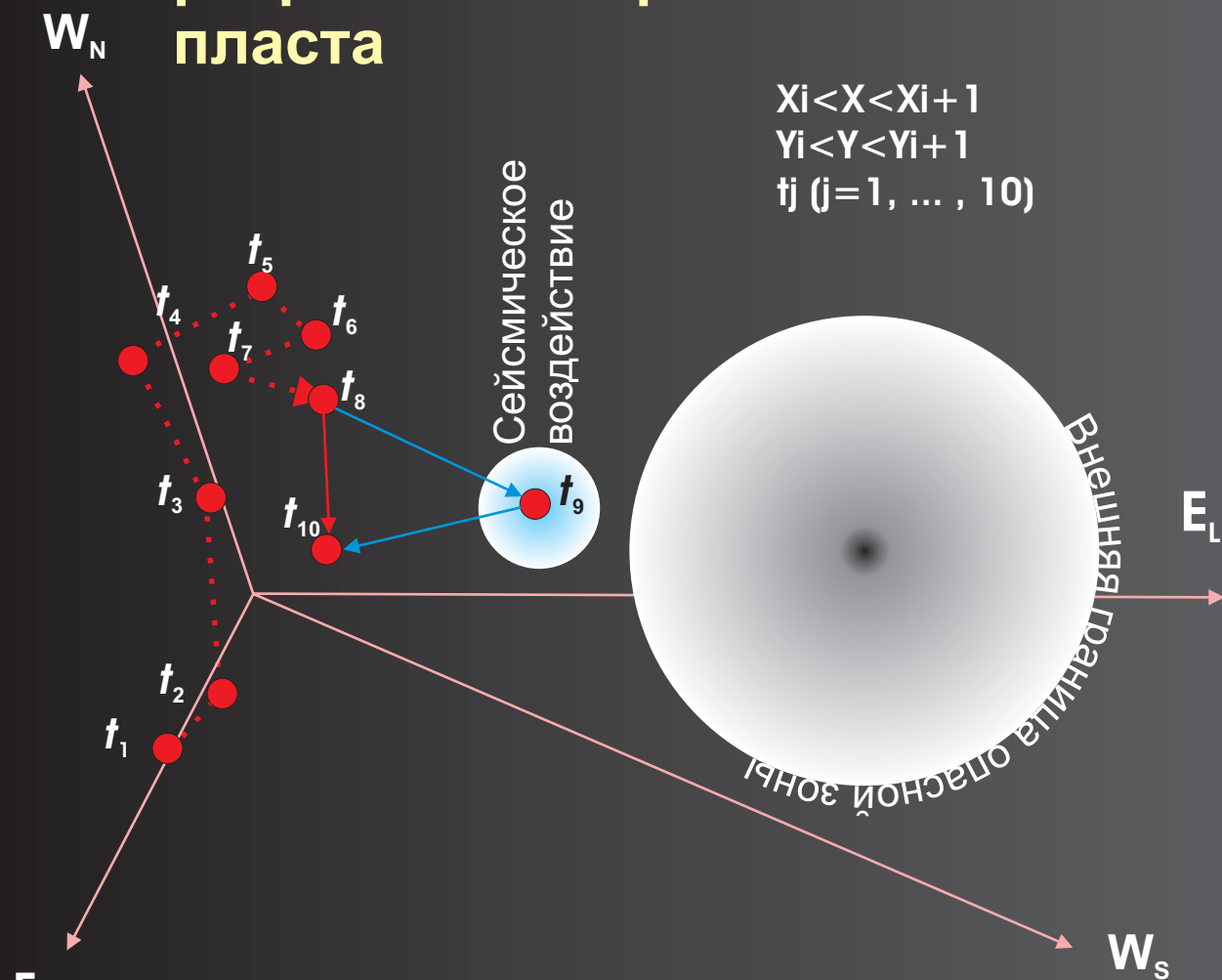
Разработка плана ГТМ

Выполнение регулирования

База данных:
библиотека
сценариев



Повышение эффективности разработки нефтегазового пласта



$$X_i < X < X_{i+1}$$

$$Y_i < Y < Y_{i+1}$$

$$t_j \quad (j=1, \dots, 10)$$

Постоянное сейсмическое воздействие

Регулирование чувствительности к сейсмическому воздействию

Обратная связь по наведенной сейсмичности

Принятие решения о регулировании

Расчет гидродинамического воздействия

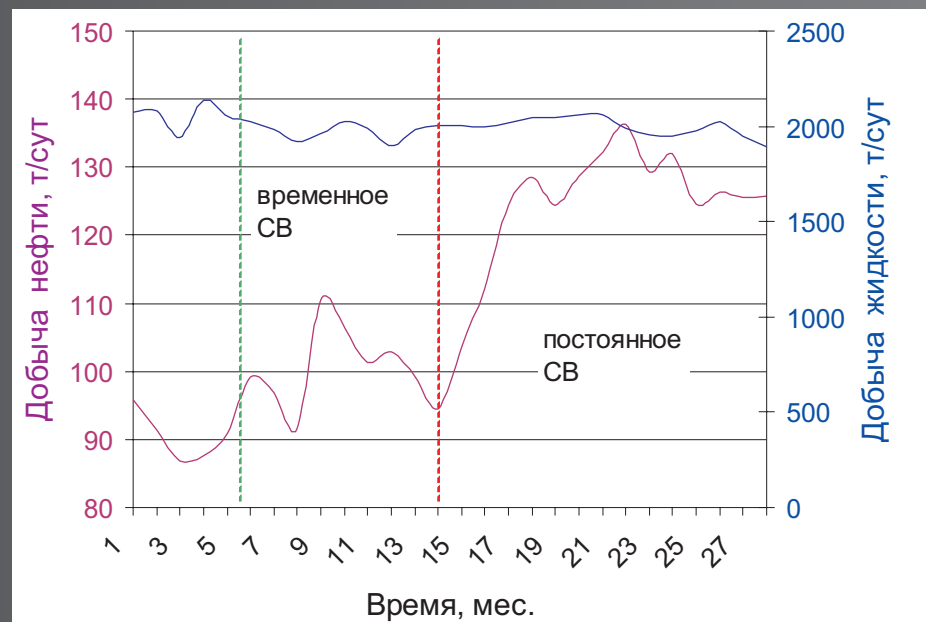
Выполнение прямого гидродинамического воздействия

Выполнение сейсмического воздействия

Оценка сейсмической энергии наведенной сейсмичности

Выполнение обратного гидродинамического воздействия

Контроль изменения эффективности разработки



Заключение

Создан прототип технологии, обеспечивающей принципиально новые возможности в повышении безопасности и эффективности разработки продуктивных пластов, впервые в мире создающий предпосылки к экономически оправданному включению сейсмического мониторинга и стимулирования добычи нефти в систему разработки залежей нефти и газа на постоянной основе.

В т.ч.:

Создан скважинный сейсмический источник, превышающий по своим технологическим возможностям лучшие мировые достижения. Источник полностью адаптирован к промысловым условиям, обеспечивает многолетнюю генерацию сейсмических импульсов в безлюдном режиме, стимулирует добычу нефти.

Разработан метод мониторинга изменения упругих свойств трещиноватого пласта межскважинным просвечиванием целевой области по множеству перекрещивающихся трасс. Для решения задачи задействованы новейшие достижения в области сейсмической томографии.

Разработан метод активных эмиссионных зондирований - контроль наведенной сейсмичности, возникающей под действием интенсивного сейсмического облучения продуктивного пласта группой несинхронизированных источников.

Разработан метод локации рассеянных очагов наведенной сейсмичности на основе современных алгоритмов решения трехмерных обратных кинематических задач в условиях неуверенного приема, проведены масштабные численные эксперименты.

Разработаны методики регулирования процесса эксплуатации продуктивных пластов в решении задач повышения эффективности и безопасности ведения горных работ.

Результаты работ доведены до 100% готовности к ОКР(ОТР).

Прототипы оборудования разработаны, изготовлены и протестированы в лабораторных и промысловых условиях. По скважинному источнику выполнен существенный задел ОКРа, в т.ч. разработан комплект КД, рассчитанный на серийное изготовление источника на нефтемашиностроительных заводах, выпускающих штанговые глубинные насосы в стандарте API.

Полученные результаты создают научно-техническую основу внедрения разрабатываемых решений в технологии интенсификация добычи нефти и газа, геофизические методы исследования недр, мониторинг состояния природной среды, технологии активного воздействия на геодинамические процессы и явления.

Спасибо за внимание