ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Опыт коллектива

Успешно выполненные проекты

- НИОКР «Создать электронный Атлас волновых полей типовых геологических моделей консолидированной земной коры (по результатам физического моделирования) как основу для интерпретации данных глубинных сейсмических исследований на опорных профилях». Заказчик – Роснедра, бюджет 11 млн. рублей, 2013-2015 г.

- НИОКР «Разработка инновационной комплексной системы поиска и разведки месторождений полезных ископаемых в шельфовой зоне Арктики, основанной на всестороннем комплексировании сейсмических и электромагнитных (магнитотеллурических) методов». Заказчик – Миниобрнауки, бюджет 23 млн. рублей, 2015-2017 г.

Опыт коллектива

Текущие выполняемые проекты

- НИОКР «Создание автоматизированного программно-аппаратного комплекса для проведения 3D/3C физического моделирования с целью изучения нелинейных эффектов в сейсморазведке». Заказчик – Сколково, ООО «Геошельф-Сервис», бюджет 1.5 млн. рублей, 2018 г.

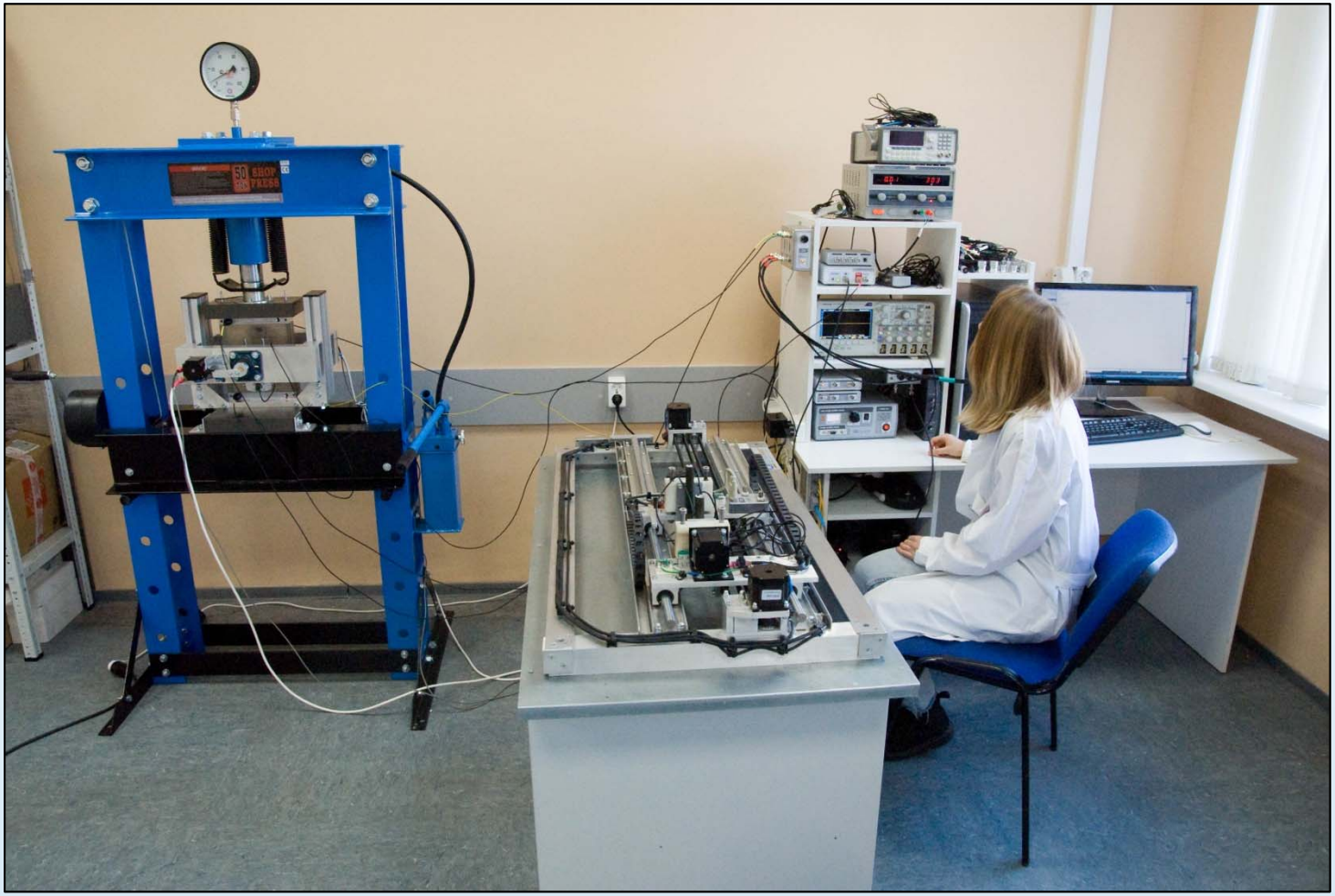
- НИР «Исследование модели линейного проскальзывания для задач сейсморазведки: эксперимент и теория». (Совместно с China Petroleum University). Заказчик – РФФИ, бюджет 2 млн. рублей, 2016-2018 г.

Опыт коллектива

Основные публикации

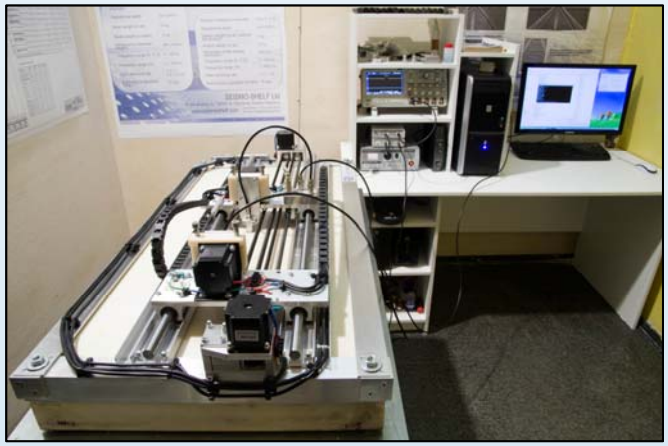
- Попов Д.А., Половков В.В., Мусин М.В., Молодцов Д.М., Аппаратно-программный комплекс для физического сейсмического ультразвукового моделирования. Технологии сейсморазведки. 2015. № 2. С. 113-118.
- Половков В.В., Попов Д.А., Мусин М.В., Жемчужников Е.Г. Физическое моделирование в сейсморазведке: целесообразность, ограничения и перспективы метода. Geomodel 2015 - 17th science and applied research conference on oil and gas geological exploration and development. DOI: 10.3997/2214-4609.201413972, 07 September 2015.
- Bobrov N.Y., Polovkov V.V. and Popov D.A. Physical Modeling of Electromagnetic Soundings for Justification of New Geological Exploration Technologies. 7th EAGE Saint Petersburg International Conference and Exhibition, DOI: 10.3997/2214-4609.201600276, 11 April 2016. p. 254-258.
- Попов Д.А., Мусин М.В., Половков В.В. Использование физического моделирования при изучении строения консолидированной земной коры сейсмическими методами // Геофизические методы исследования Земли и ее недр. 2016. С 102–111. DOI: 10.13140/RG.2.2.11662.97608
- D. M. Molodtsov, N. Yu. Bobrov,| V. V. Polovkov. A New Method of Joint Inversion of Seismic and Electromagnetic Magnetotelluric Data for Oil and Gas Prospecting on a Continental Shelf. Society of Petroleum Engineers, SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition, 24-26 October, Moscow, Russia. SPE-181902-MS, doi.org/10.2118/181902-MS, 14 p.
- Попов Д.А., Мусин М.В., Рослов Ю.В., Молодцов Д.М., Кучеровский Г.А. Аппаратно-программный комплекс для физического сейсмического ультразвукового моделирования. Сборник тезисов. Научно-практической конференции «Сейсмические технологии-2015» 2015 г. с. 134-137

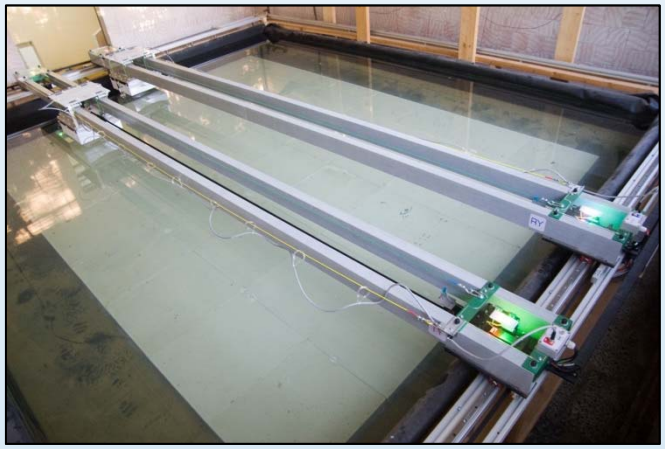
Созданное коллективом оборудование



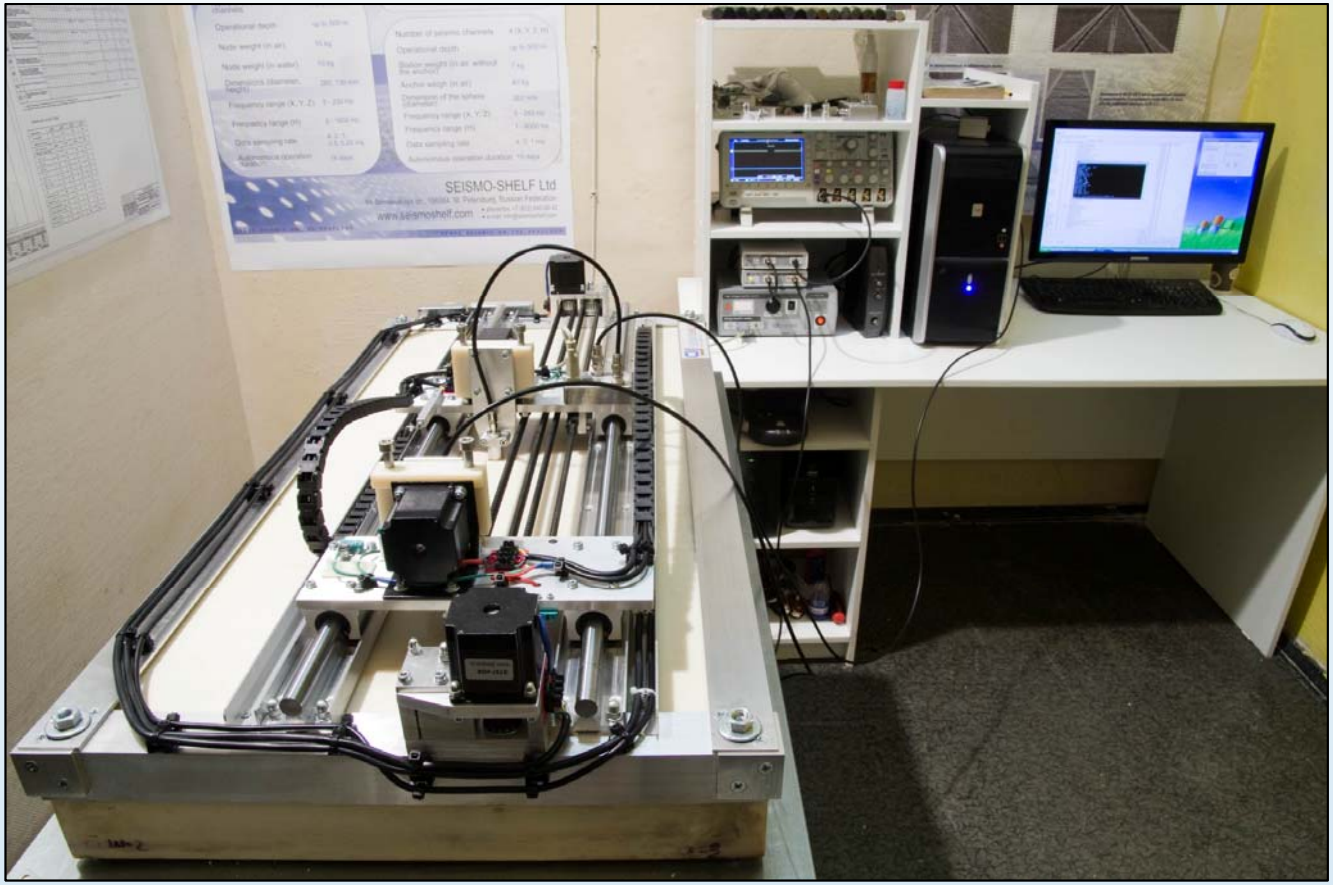
Созданное коллективом оборудование

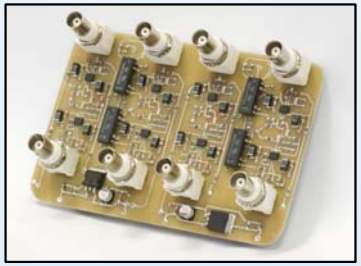
- Лабораторный комплекс с реализацией 2D-4C систем наблюдения на твердотельных и жидкостных моделях;
- Лабораторный комплекс с реализацией 3D-1C систем наблюдения на жидкостных моделях и возможностью совместного моделирования электромагнитных методов;
- Специализированная лабораторная установка для измерений на моделях анизотропных сред с вариацией сдавливающего усилия.





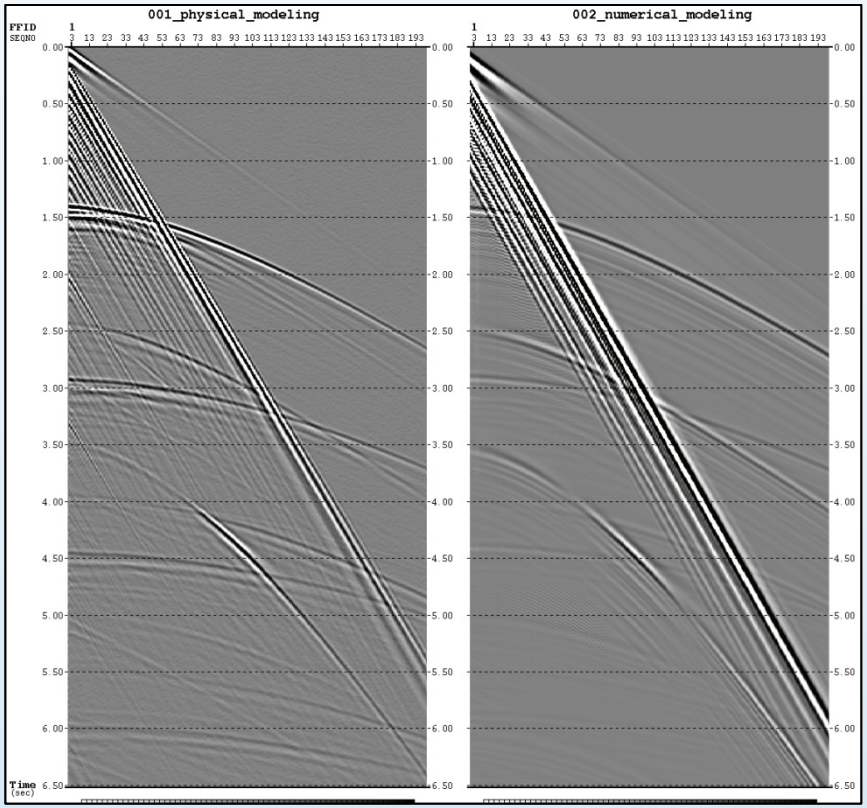
Лабораторный комплекс с реализацией 2D-4C систем наблюдения на твердотельных и жидкостных моделях





Лабораторный комплекс с реализацией 2D-4C систем наблюдения на твердотельных и жидкостных моделях

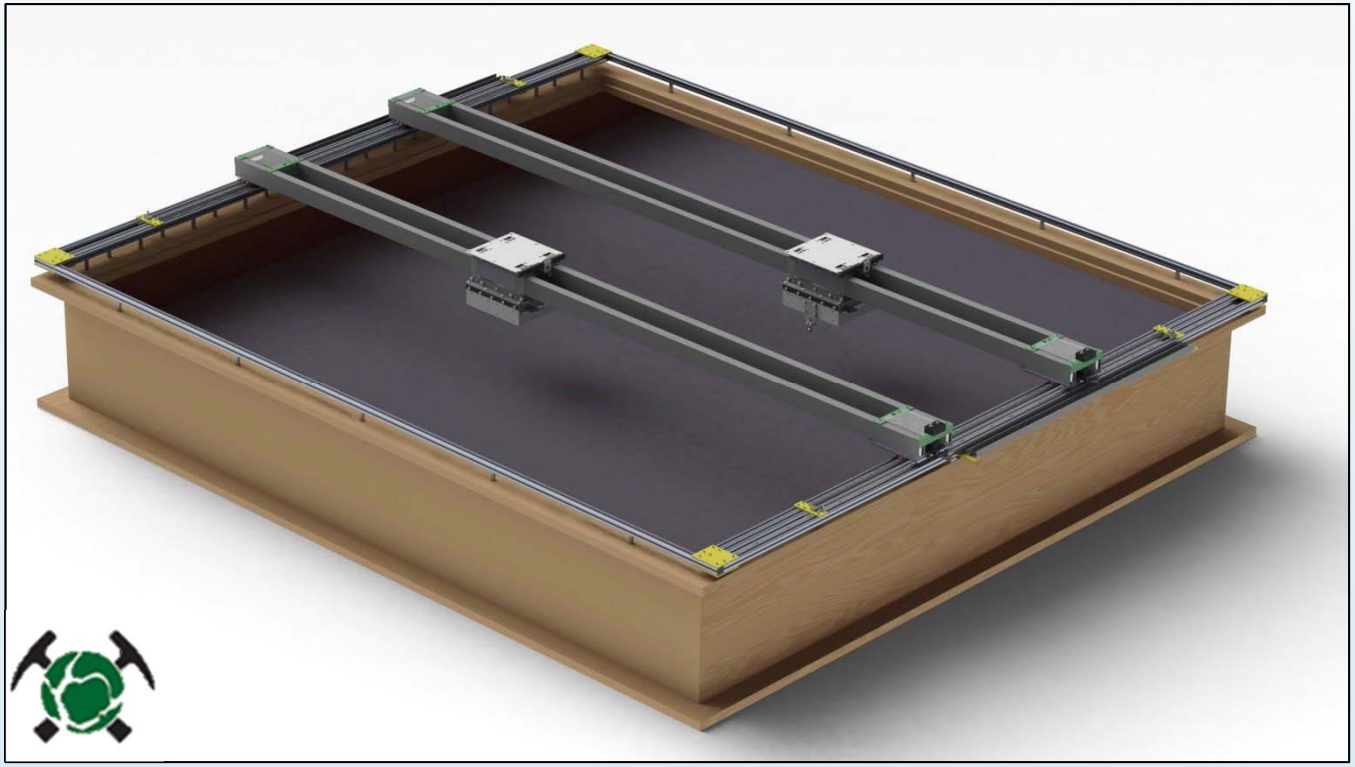
- Тип системы позиционирования- **2D**
- Максимальная длина профиля- **70 см**
- Дискретность перемещения- **0.07 мм**
- Размер основания- **50x100 см**
- Скорость работы (при 100 накоплениях на каждой точке)- **порядка 50 000 трасс/сутки**
- Частотный диапазон используемой аппаратуры- **50 кГц-4 МГц**

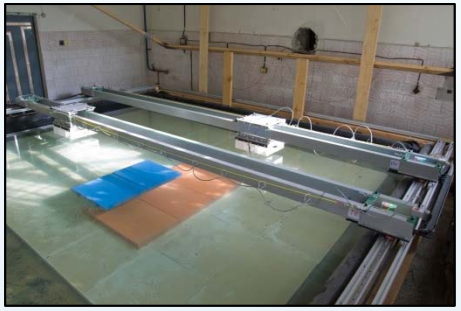


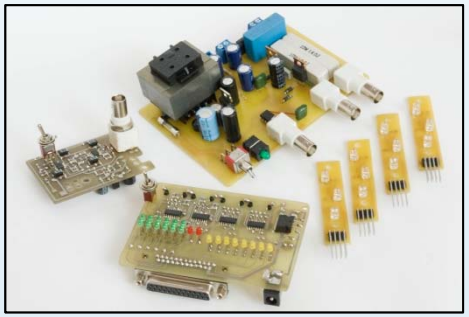
Сравнение результатов физического (слева) и математического (справа) моделирования на однослойной изотропной модели

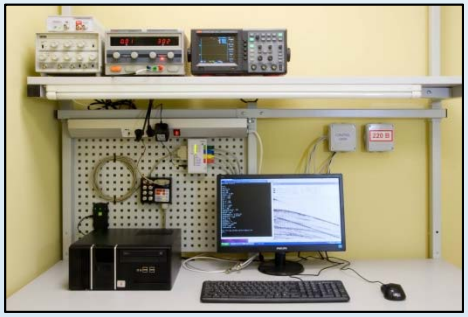
ЦЕНТР КОМПЛЕКСНЫХ МОРСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СПБГУ

Лабораторный комплекс с реализацией 3D-1С систем наблюдения на жидкостных моделях и возможностью совместного моделирования электромагнитных методов





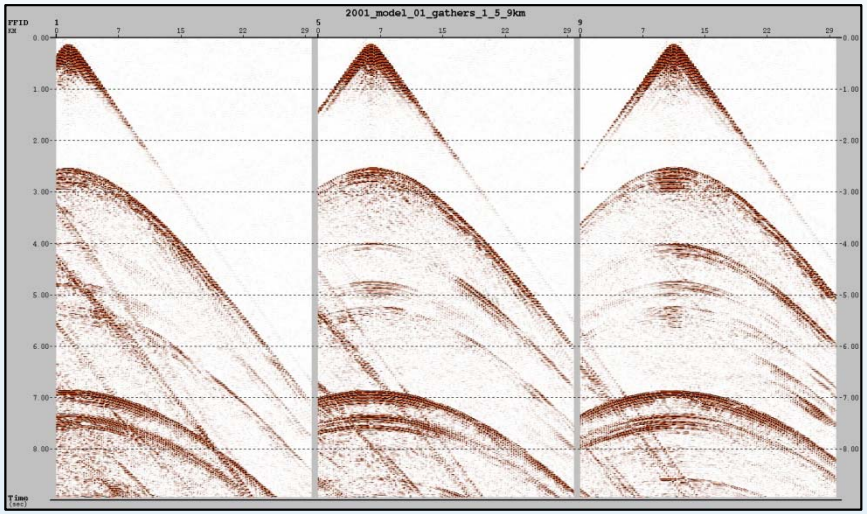


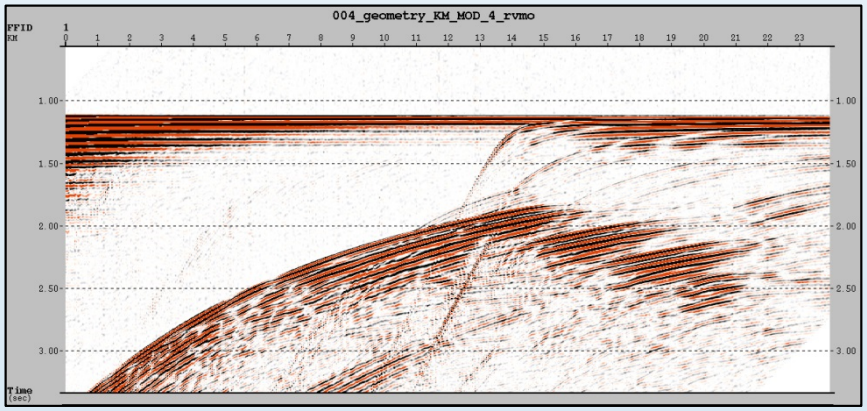


http://imrc-spbu.ru

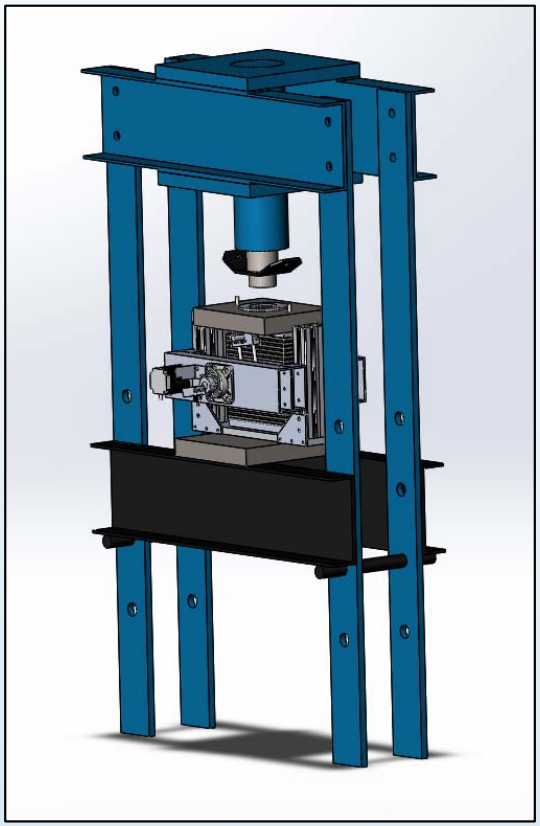
Лабораторный комплекс с реализацией 3D-1C систем наблюдения на жидкостных моделях и возможностью совместного моделирования электромагнитных методов

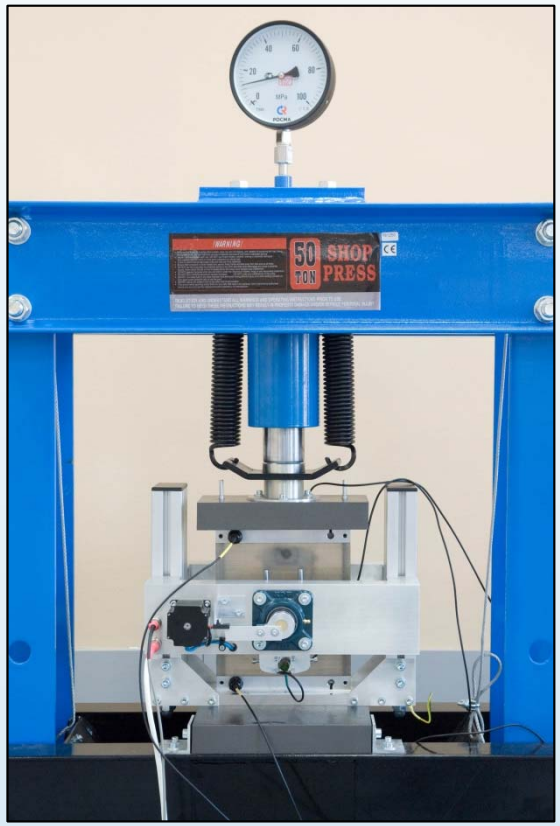
- Тип системы позиционирования- 3D
- Размер рабочего поля- 220 x 400 см
- Дискретность перемещения- 0.07 мм
- Возможность использования системы позиционирования для работы с ЭМ-датчиками
- Скорость работы (при 100 накоплениях на каждой точке)- порядка 50 000 трасс/сутки
- Частотный диапазон используемой аппаратуры- 20 кГц-1 МГц





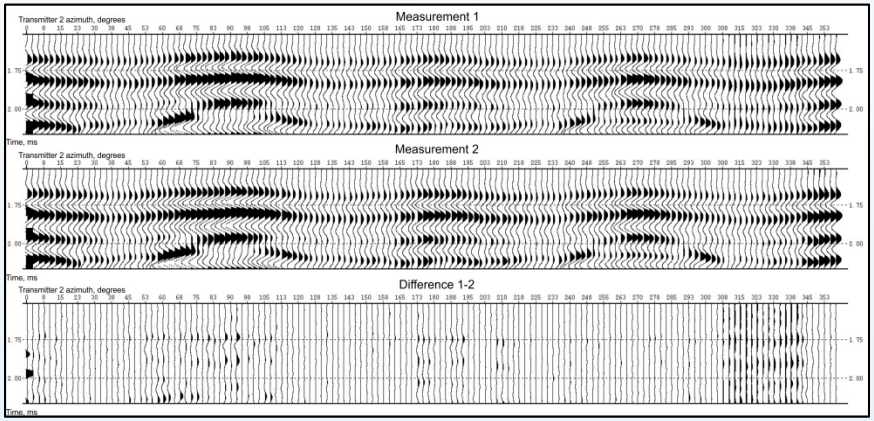
Специализированная лабораторная установка для измерений на моделях анизотропных сред с вариацией сдавливающего усилия

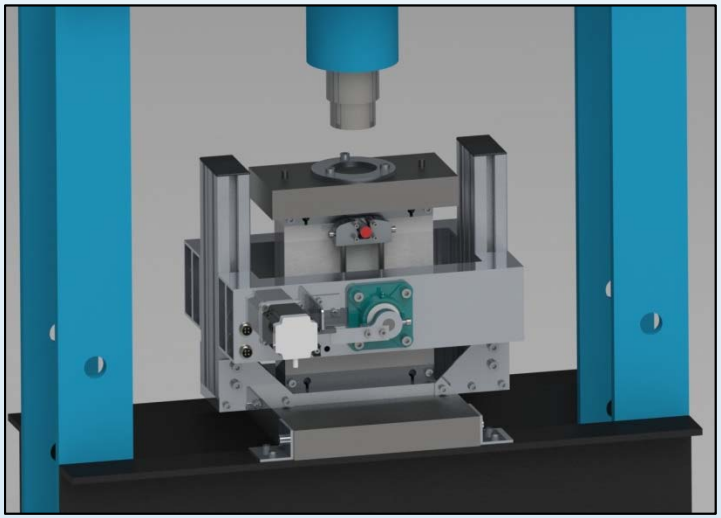




Специализированная лабораторная установка для измерений на моделях анизотропных сред с вариацией сдавливающего усилия

- Тип системы позиционирования- **полярная**
- Количество независимых пар преобразователей- **до 3**
- Размер модели- **200x50x200 мм**
- Дискретность перемещения- **8 угловых минут**
- Диапазон статических усилий сдавливания модели- **0-40 МПа**
- Частотный диапазон используемой аппаратуры- **20 кГц-1 МГц**





Условия возбуждения и приема

Используются пьезокерамические преобразователи различной конструкции. Они обеспечивают излучение и регистрацию упругих колебаний с очень высокой степенью повторяемости (в отличие, например, от электроискровых источников колебаний) и обладают достаточным коэффициентом преобразования. В данный момент имеются следующие преобразователи:

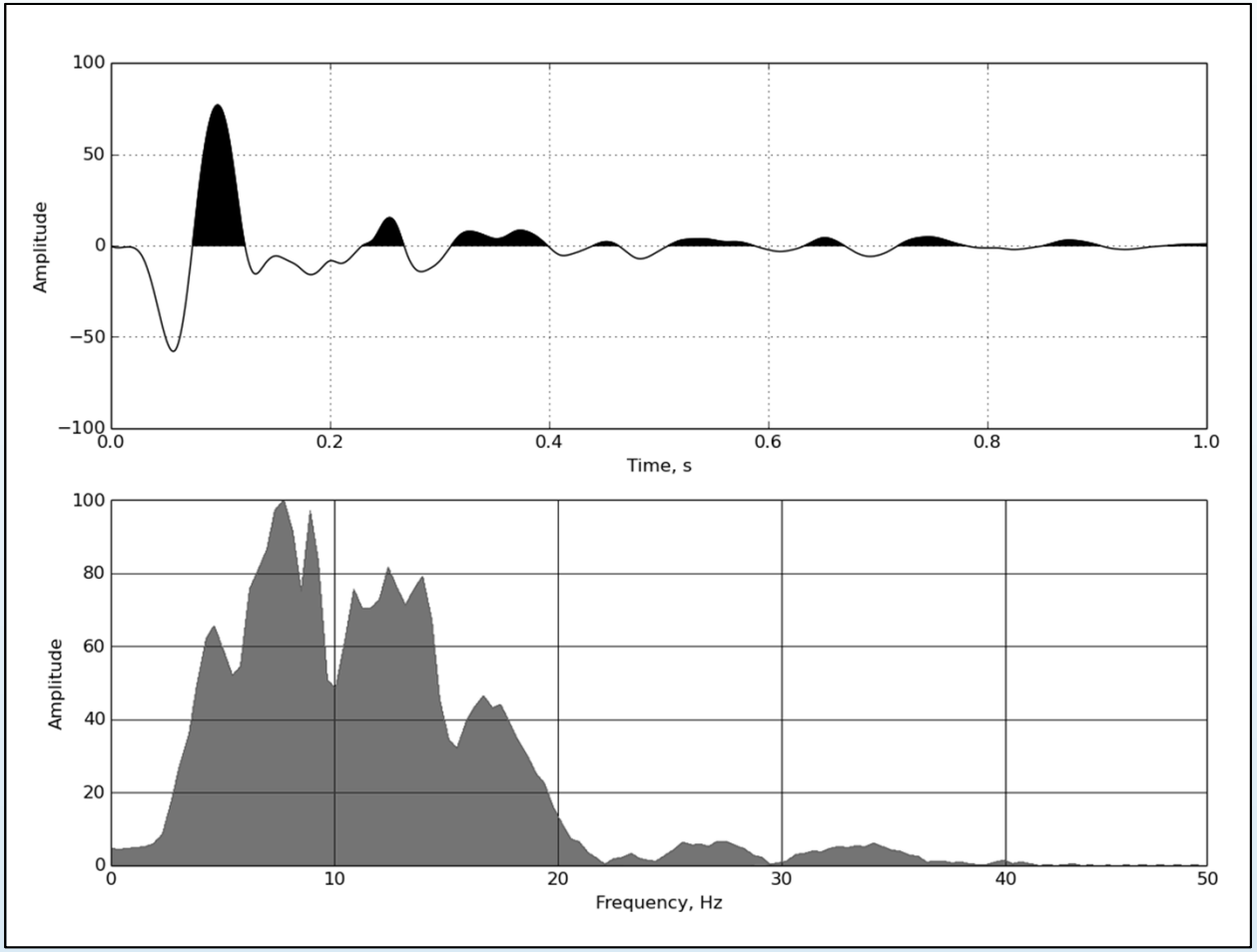
- Преобразователи продольных волн с малым размером активного элемента (2мм) и низкой добротностью, широкополосные- форма сигнала близка к импульсу Рикера, диаграмма направленности преобразователя близка к сферическому источнику;
- Преобразователи продольных волн низкой добротности со средним размером активного элемента (6-10мм), широкополосные- имеют лучший коэффициент преобразования, но большую добротность и суженную диаграмму направленности;
- Преобразователи продольных волн высокой добротности со средним размером активного элемента (6-10мм), узкополосные- имеют максимальный коэффициент преобразования на собственной частоте;
- Преобразователи продольных волн низкой добротности с большим размером активного элемента (18-25мм), широкополосные- имеют узкую диаграмму направленности и обладают большим коэффициентом преобразования;
- Четырехэлементные приемные преобразователи низкой добротности- позволяют регистрировать различные компоненты волнового поля (как вертикальные, так и горизонтальные), обладают широкой диаграммой направленности.
- Также в данный момент идет изготовление следующих типов преобразователей:
- С малым размером элемента и минимально возможным значением добротности;
- Преобразователей поперечных волн (одно- и двухэлементных)
- Четырехэлементных преобразователей-источников и электронной аппаратуры для их управления.

Итого:

Имеются преобразователи продольных волн и многокомпонентные приемники сигнала, в ближайшей перспективе они будут дополнены как источниками/приемниками поперечных волн, так и многокомпонентными универсальными источниками.

Рабочие частоты преобразователей для физического моделирования лежат в переделах 50-500 кГц, средние значения максимумов частотного спектра сигналов- в районе 200-300 кГц. Имеются преобразователи с собственными частотами от 25 кГц до 2.5 МГц.

Условия возбуждения и приема



Сигнатура широкополосной пары преобразователей с элементом диаметром 2мм

Масштаб физической модели, размеры, геологическая обоснованность

Стандартные значения коэффициента масштабирования (KM) составляют 1: 10 000 – 1:20 000, т.е. 1 см модельного масштаба соответствует 100-200 м реальной среды. Размеры моделей, в зависимости от задачи, составляют значения от десятков сантиметров до нескольких метров, однако если речь идет о достаточно сложной модели, содержащей несколько слоев, то ее максимальные размеры ограничены примерно 40-50 см (порядка 4-10 км при различных значениях KM).

Для изготовления модели может использоваться достаточно большая гамма материалов. Это различные пластики (плексиглас, капролон, текстолит), эпоксидные и силиконовые компаунды (с возможностью введения наполнителей), металлы и керамика. Диапазон значений скоростей распространения продольных волн в данных материалах составляет от 1400 и менее до 5000-6000 м/с. Конкретные материалы для изготовления модели выбираются исходя из поставленных целей и технологических возможностей. Количество и мощность отдельных слоев также может быть различным, однако в большинстве случаев более оптимальным является использование моделей с минимумом слоев, изготовление многослойной модели может быть достаточно затратным. В целом проблема изготовления моделей определяется прежде всего технологическими и финансовыми ограничениями- широкий спектр доступных материалов и технологий позволяет решать большую часть актуальных задач.

Для создания моделей, имитирующих трещиноватые среды можно использовать несколько подходов:

- Использование анизотропных материалов (таких как текстолит)- трещины в явном виде отсутствуют, учитывается только анизотропия среды;
- Создание трещин как границ между отдельными пластинами- скажем пакетов пластин из плексигласа, помещенных в изотропную матрицу. Имеется возможность моделирования различного контакта в трещинах (сухого, с насыщением флюида), однако в каждом пакете существует только одно направление трещиноватости;
- Изготовление моделей из силикатных составов с заложением внутрь пластинок из фольги (либо полимера) и последующим их растворением (выжиганием при обжиге). Таким образом создается реалистичная среда, обладающая некоторой пористостью и заданными характеристиками трещиноватости, причем распределение трещин может широко варьироваться;
- Использование технологий трехмерной печати. К сожалению данный подход еще не очень широко распространен, однако с его использованием возможно создавать модели с произвольным распределением трещин в среде.

Соответственно наиболее оптимальным является использование силикатных составов. При этом возможно создавать трещины произвольной формы и направления с раскрытием от 0.05мм и более.

Учет отражений от физических границ модели

Данная проблема может быть решена прежде всего увеличением размеров физической модели и, в какой-то степени, обработкой боковых плоскостей модели. Все остальные способы учета основаны на подавлении волн-помех в процессе обработки различными стандартными средствами.

Выходные данные

На выходе программы управления аппаратным комплексом сохраняется 2 файла- файл сейсмических данных и файл геометрии расстановки. Первый из них содержит описание координат и номеров пунктов ПП и ПВ (channel / shot) и сохраняется в стандартном текстовом ASCII формате. Второй файл полностью соответствует формату SGY Rev.1.0 и содержит сами сейсмические данные, организованные в виде сейсмограмм ОПВ. В заголовки трасс файла занесена вся информация о системе наблюдения (включая координаты ПП и ПВ), вся информация записана после масштабирования в реальный сейсмический масштаб.

Спасибо за внимание!