ИНГГ СО РАН

Лаборатория естественных геофизических полей

П.Г.Дядьков

Тектономагнитный метод мониторинга напряженного состояния земной коры и его использование в Байкальском регионе и на Алтае.

2009

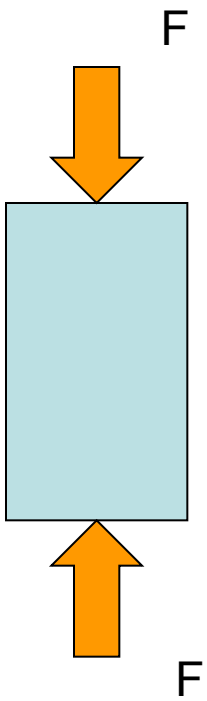
Терминология

Тектономагнетизм – комплекс явлений в земной коре, вызывающих изменения постоянного магнитного поля и обусловленных геодинамическими и сейсмическими процессами:

пьезомагнитные (магнитоупругие) эффекты – явление изменения намагниченности при его деформации - эффект, обратный магнитострикции.

электрокинетические эффекты – возникновение электрического тока и, как следствие, магнитных эффектов при просачивании флюидов сквозь твердую матрицу горных пород.

Физический механизм магнитоупругого эффекта



Капица С.П., 1955

$$C = 1/X_o \; dX/d\sigma;$$

где

C **–** магнитоупругий (пьезомагнитный) коэффициент;

Xo **–** магнитная восприимчивость образца горной породы до приложения нагрузки сжатия;

dX **–** изменение магнитной восприимчивости под действием одноосной сжимающей нагрузки на образец в направлении действия этой нагрузки;

В перпендикулярном направлении:

$$C^{\perp} = -0.5\, C^{\parallel}$$

История развития метода в нашем Институте

В конце 60-х годов прошлого столетия был предложен новый подход к изучению пьезомагнитного эффекта горных пород, который существенно повышал информативность тектономагнитного метода:

Фотиади Э.Э., Каратаев Г.И., Ларионов В.А., Черемисин В.Г.
К изучению пьезомагнитного эффекта реакции магнитовозмущающих тел на изменения напряжений в земной коре // Доклады АН СССР, 1969, т.187, № 6, с. 1282 – 1284.

Кто работал по этой теме:

В.А. Ларионов	О. Федотова
В.Г. Черемисин	Н.А. Маркевич
П.Г.Дядьков	Д.А. Нагорский
О.А. Михеев	В. Храненко

Аппаратурные разработки:

Д.А. Нагорский (ИГиГ СО РАН),, М.А.Федотов (ИК СО РАН), С.Максимовских (ИГФ Уро РАН), Г.К. Жиров (Казгеофизприбор), В.П.Пак (Санкт-Петербург)

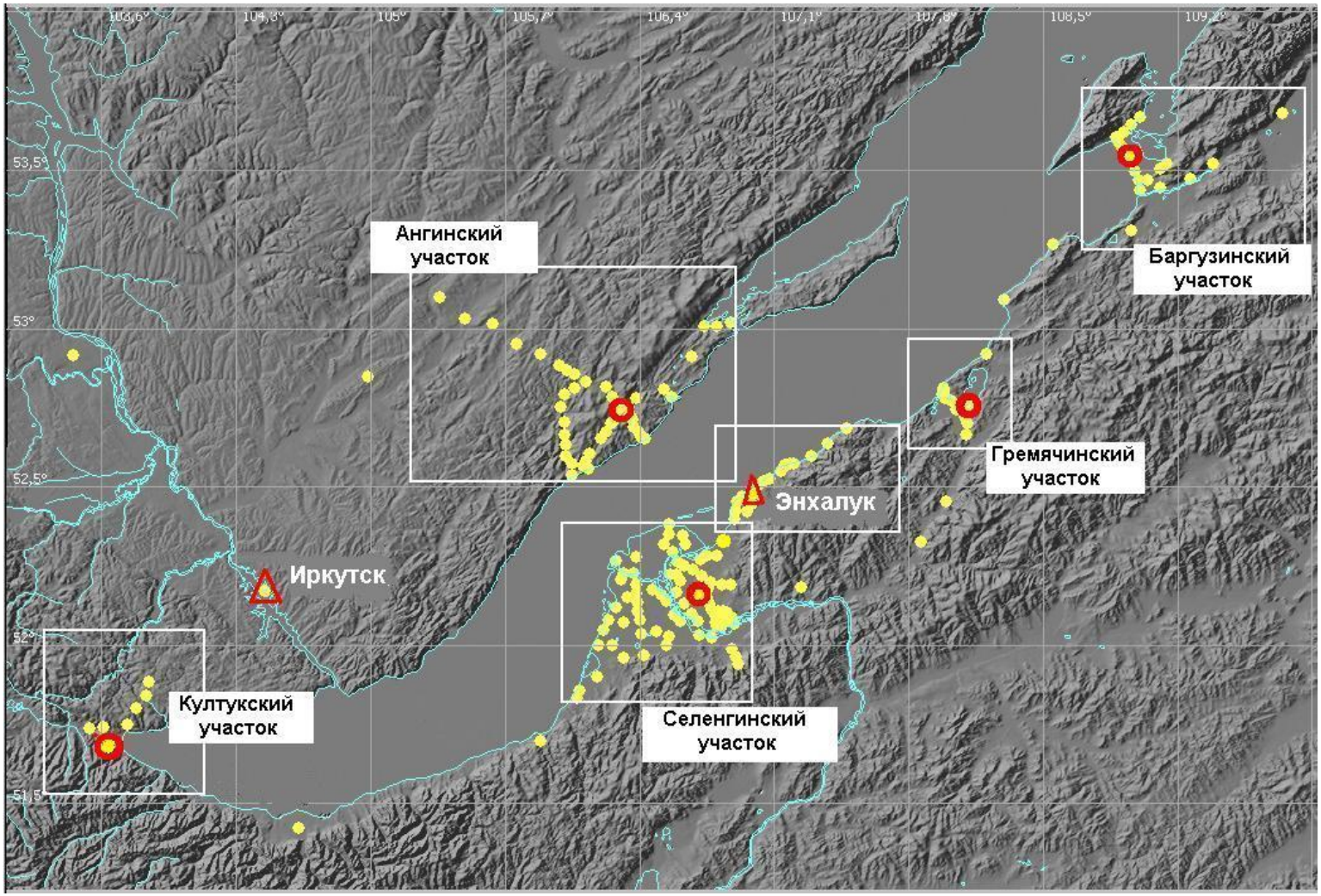


Схема сети пунктов тектономагнитных наблюдений на Байкальском геодинамическом полигоне с указанием участков. Рядовые пункты обозначены желтыми кружками, базовые пункты участков – красными кружками, магнитные обсерватории – треугольниками.

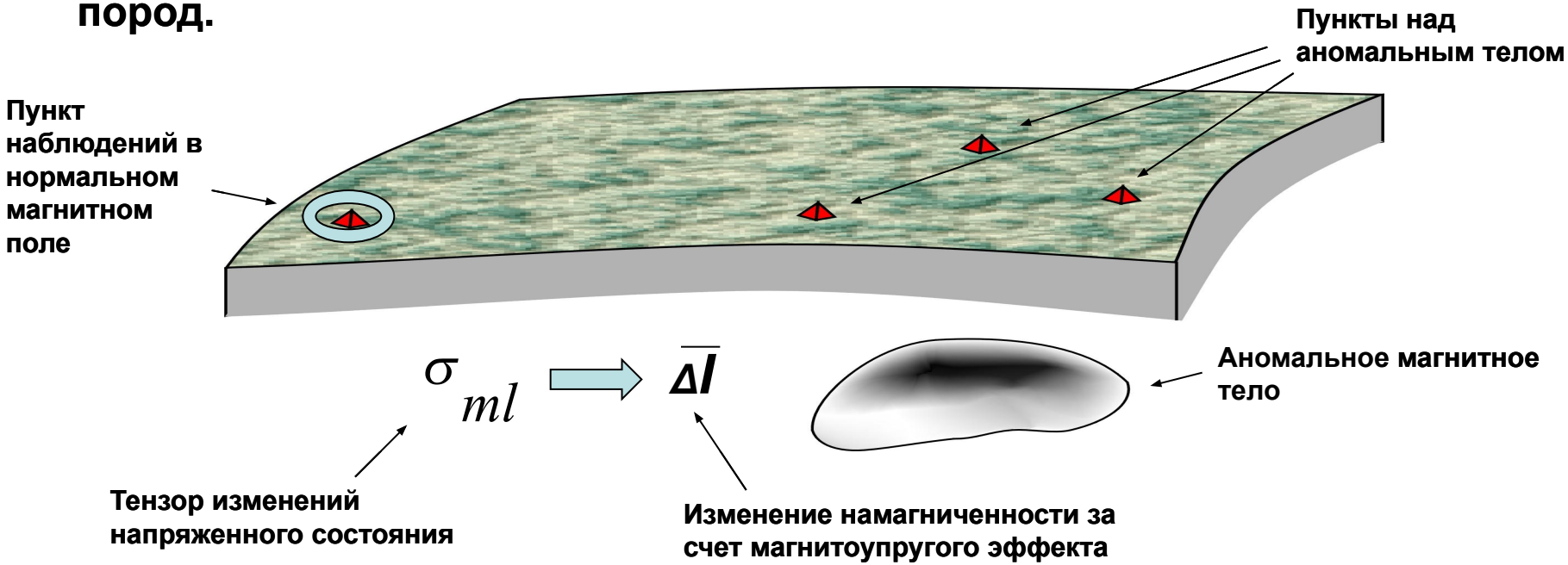
Подходы к решению обратной задачи магнитоупругого эффекта горных пород.

Основной трудностью при решении обратной задачи магнитоупругого эффекта горных пород является то обстоятельство, что в нашем распоряжении имеется **система линейных уравнений** (полученная на основе магнитных наблюдений)***, состоящая только из 3-х уравнений***, в то время как ***число неизвестных значений компонент тензора, характеризующего изменение напряженного состояния, равно шести.***

Подходы к решению:

- изменение поляризации намагничивающего поля (искусственные или естественные источники);
- проведение наблюдений над аномальными телами, направление вектора остаточной намагниченности у которых различно;
- использование дополнительных знаний об ориентации осей главных напряжений.

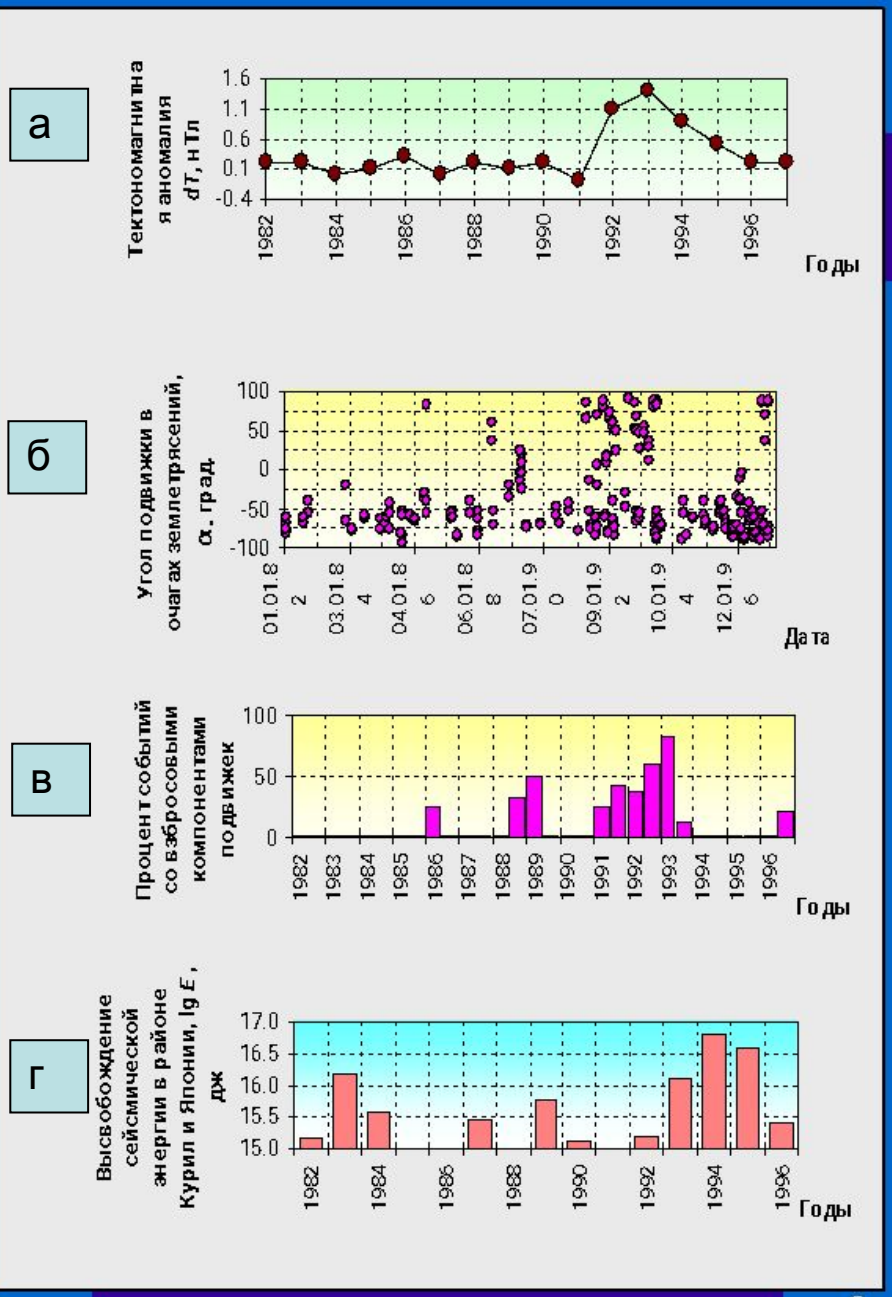
Подходы к решению обратной задачи магнитоупругого эффекта горных пород.



Предложена и реализована методика наблюдений и алгоритмы обработки, позволяющие найти ΔIk (при условии однородной намагниченности аномального тела и однородных изменениях компонент тензора напряжений в нем), выполняя векторные наблюдения магнитного поля в одном из пунктов над аномальным телом, либо проводя модульные наблюдения в 3-х пунктах.

Проверка условия однородности – проведение наблюдений в дополнительных пунктах.

Дополнительное условие для случая значимой остаточной намагниченности - определение фактора Кенигсбергера – ***Q***.



Пример использования тектономагнитного метода для выявления региональных изменений напряженного состояния в земной коре - эпизода преобладания близгоризонтального сжатия в Байкальской рифтовой зоне в 1992 - 1993 г.г. в результатах комплексного мониторинга напряжений и деформаций (а, б, в) и развитие сейсмического процесса вблизи восточных границ Амурской плиты (г):

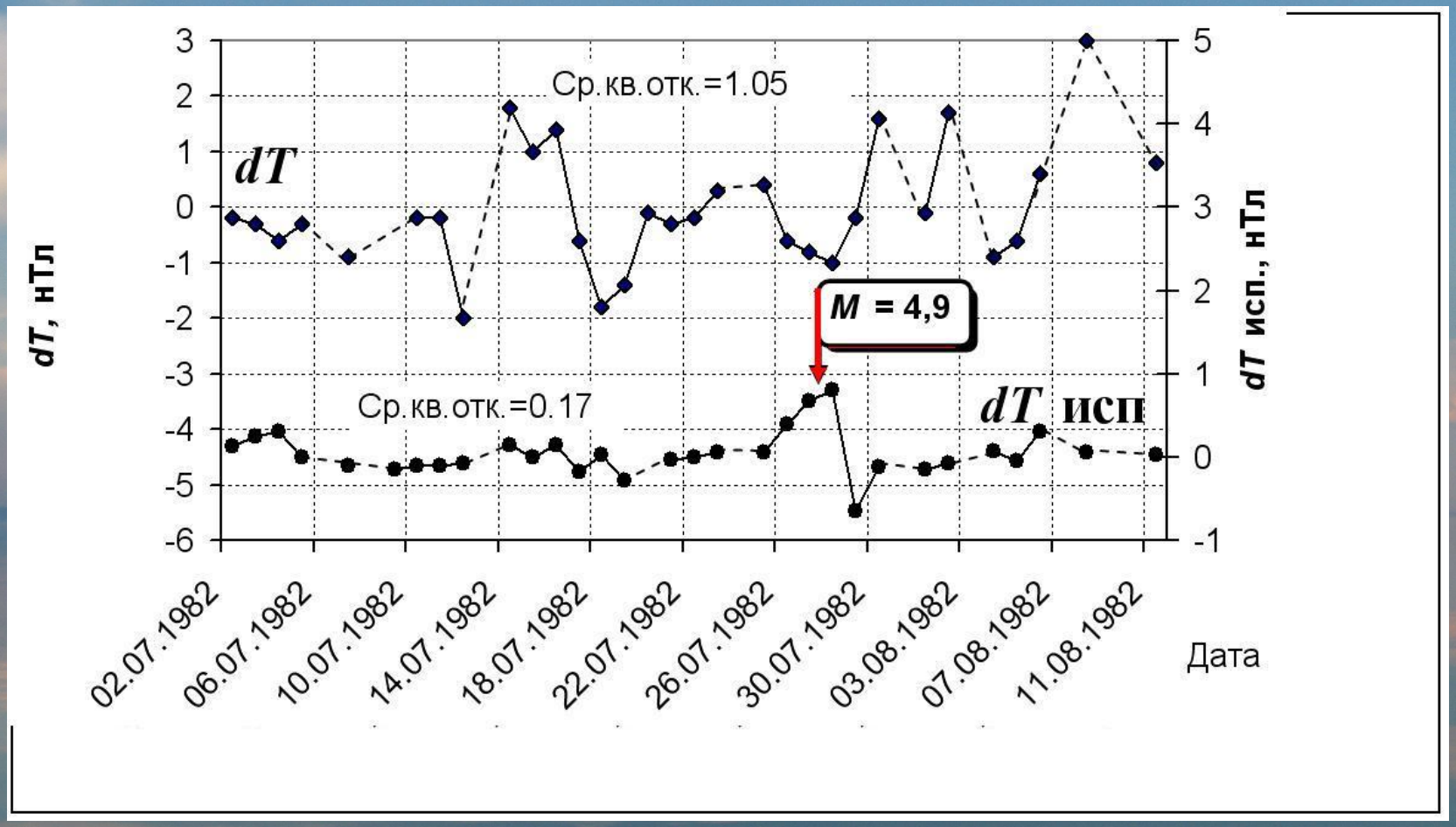
(а) - изменение модуля полного вектора магнитного поля в юго-восточной части Селенгинской депрессии в 1982-1997 годах по данным, осредненным по 5-ти пунктам. Интерпретация – увеличение близгоризонтального сжатия на основе магнитоупругого механизма;

(б) - изменение типа подвижки в очагах землетрясений Байкальской рифтовой зоны в 1982 - 1996 годах по данным об изменении угла подвижки; отрицательные значения – решения со сбросовыми компонентами подвижек, положительные – со взбросовыми;

(в) - изменение со временем процента землетрясений в Байкальском регионе, имеющих взбросовые компоненты подвижек в очаге;

(г) - высвобождение сейсмической энергии в 1982-1996 г.г. в районе Японии, Южных Курил и Сахалина для событий с Ms > 6.0.

Пример тектономагнитной аномалии, сопровождающей землетрясение



Изменение аномального магнитного поля в июле - августе в пункте № 3 на Никольской магнитной аномалии относительно пункта Быково, расположенного в нормальном магнитном поле. Верхняя кривая (dT) получена обычным способом - взятием разности синхронных значений; нижняя кривая (dT исп) получена путем исключения из dT ориентационных и индуктивных эффектов. Стрелкой обозначено землетрясение с M = 4.8, произошедшее 27.07.82 г. в 30 - 35 км от пунктов наблюдений.

Заключение

1. **Разработана методика тектономагнитных наблюдений в аномальных магнитных полях, ориентированная на мониторинг напряженного состояния земной коры.**

2. **Предложены способы решения обратной задачи магнитоупругого эффекта горных пород.**

3. **С использованием магнитоупругой модели выполнена интерпретация ряда тектономагнитных аномалий, наблюдавшихся перед умеренными и сильными землетрясениями.**

4. **Разработано программное обеспечение для обработки первичных данных магнитных наблюдений – пакет MIES и для 3D интерпретации тектономагнитных аномалий – пакет Piezomag.**

5. **Анализ зарегистрированных тектономагнитных аномалий и результаты их интерпретации свидетельствуют:**

- о возможности контроля за изменениями напряженного состояния земной коры, вызванных региональными процессами;

- при сильных и умеренных землетрясениях не во всех, но в большинстве случаев, регистрировались тектономагнитные аномалии при условии относительно близкого расположения их очагов от пунктов наблюдений – на расстоянии, как правило, до 5 L, где L – размер разрыва в очаге;

- результаты интерпретации тектономагнитных аномалий, зарегистрированных перед землетрясениями, свидетельствуют о падении максимальных касательных напряжений на последнем этапе подготовки землетрясений, как правило, за несколько дней до главного события;

- выполненные количественные приближенные оценки изменений напряженного состояния находятся в пределах от десятых долей до ~ 3 МПа.