

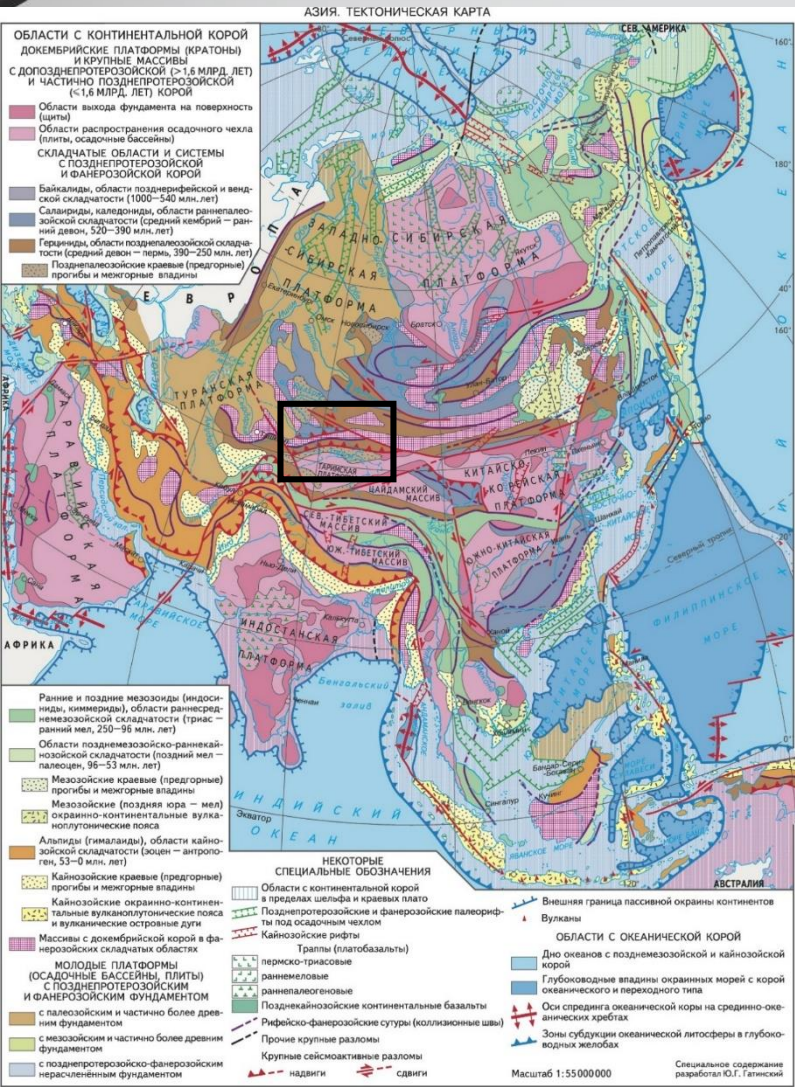
**Современные средства  
анализа данных  
магнитотеллурического  
мониторинга на  
Бишкекском  
геодинамическом полигоне**

**Непина К.С., Забинякова О.Б., Баталева Е.А.  
н.с. ЛГМИ,  
Научная Станция РАН в г.Бишкеке,  
г.Бишкек, Кыргызстан  
[Nepina.k@mail.ru](mailto:Nepina.k@mail.ru)**

# Содержание

- 1 Место исследований
- 2 Аппаратурный парк и средств обработки
- 3 Теория ЭМИ и азимутальной анизотропии
- 4 Изучение данных МТ-мониторинга

# БИШКЕКСКИЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН

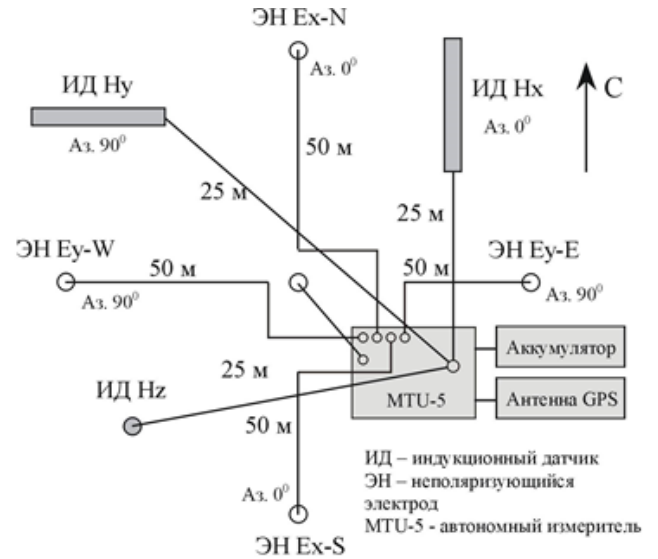


# Аппаратура и методика

Диапазон измеряемых вариаций МТ-поля для решения структурных задач составляет от 0,01 до 1600 с.



**Широкополосная аппаратура Феникс MTU-5D  
Канадской компании Phoenix Geophysics**



**Схема расстановки  
магнитотеллурической станции**



# MT-Corrector 5

Программа для просмотра и редактирования результатов обработки магнитотеллурических данных



SSMT 2000: Robust Processing

File Edit Jobs Process Report Utility Plot Help

Copy Files Edit TBL View TBL View Time Edit PRM Save Job Load Job Run Job Make PFT TS to FT Process Exit

Site Parameters (TBL) Look in: c: [Sy...]

Instrument Calibrations (CLB) Look in: c: [Sy...]

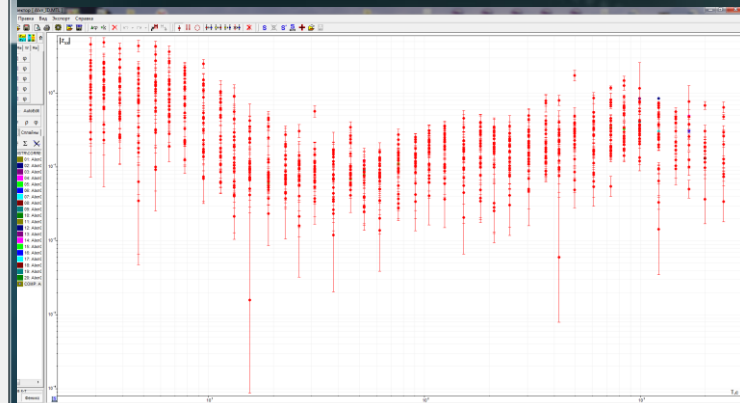
Sensor Calibrations (CLC) Look in: c: [Sy...]

Fourier Parameters (PFT) Look in: c: [Sy...]

PHOENIX GEOPHYSICS

Related FCn Files:

Processing Parameters (PRM) (C:\)



# NORD WEST | EPI-KIT



О программе    Возможности    Алгоритм    Форматы    Видеокурс    Для кого



Программный комплекс EPI-KIT — современное, очень мощное средство просмотра, коррекции, обработки и анализа геофизического набора данных. Он сочетает в себе массу быстрых и эффективных утилит и функций для сглаживаний и отбраковок зашумленного материала со всевозможных комплексов регистрации электромагнитных данных. По сравнению с аналогичными комплексами обработки он выделяется приятным пользовательским интерфейсом и наличием подпрограмм от восстановления утраченной части исходного полевого материала и вывода на интерактивной карте, до просмотра и оценки выходных файлов без большого количества промежуточных операций, которые затягивают и усложняют процесс получения электромагнитных параметров для дальнейшей интерпретации исследуемого материала.

**Виталий Матюков**

к.ф.-м.н., научный сотрудник ИС РАН в г. Бишкек

The screenshot displays the EPI-KIT software interface. On the left, there is a control panel with various options:

- Экран:** 2.4 КТ, 150 Гц
- Временные метки:** 22 января 2024 г. 19:54:38 (Начало), 09:13:15.997 (Конец), 22 января 2024 г. 23:07:54 (Начало)
- Длительность (дн.час:мин:сек):** 09:13:15.997
- Мас. видим. графиков:** 3
- Забросанные интервалы:**
  - Отменить для выбранных записей (1)
  - Отменить все забросанные интервалы
- О выделенной записи:**
  - Имя файла: 1381110A
  - Имя точкой: Станция: MTU52
  - Время:
    - Начало: 1/19/2024 5:24:02 AM
    - Конец: 1/25/2024 6:34:00 AM
    - Длительность: 15:01:09:58
  - Магнитные датчики:
    - Нх №1: COIL1417
    - Ну №1: COIL1419
    - Нз №1: COIL1579

The main area shows five stacked waveform plots, labeled 1 through 5, representing different components of the electromagnetic data. The x-axis for all plots is time, ranging from 20:00 to 23:00. The y-axis represents amplitude, with values like -0.0025, -0.0625, -0.125, and -0.1875. A vertical red line is visible in the bottom plot at approximately 22:01:24.

## Программы TIDE\_3.exe и первичной обработки данных регистрации гравитационного поля

Для расчета лунно-солнечных приливов используется **программа TIDE\_3.exe**, с помощью которой можно рассчитать лунно-солнечные приливные воздействия. В результате работы программы в файле TIDEALL.txt (лунно-суточные вариации) для каждого часа получаются четыре значения для кривой приливов: восточная компонента (Au), северная компонента (AV), вертикальная составляющая (An), модуль полного вектора (A). В основном рассчитываются полусуточные и суточные приливные волны для Земли с океаном и для твердой Земли (без учета океана).

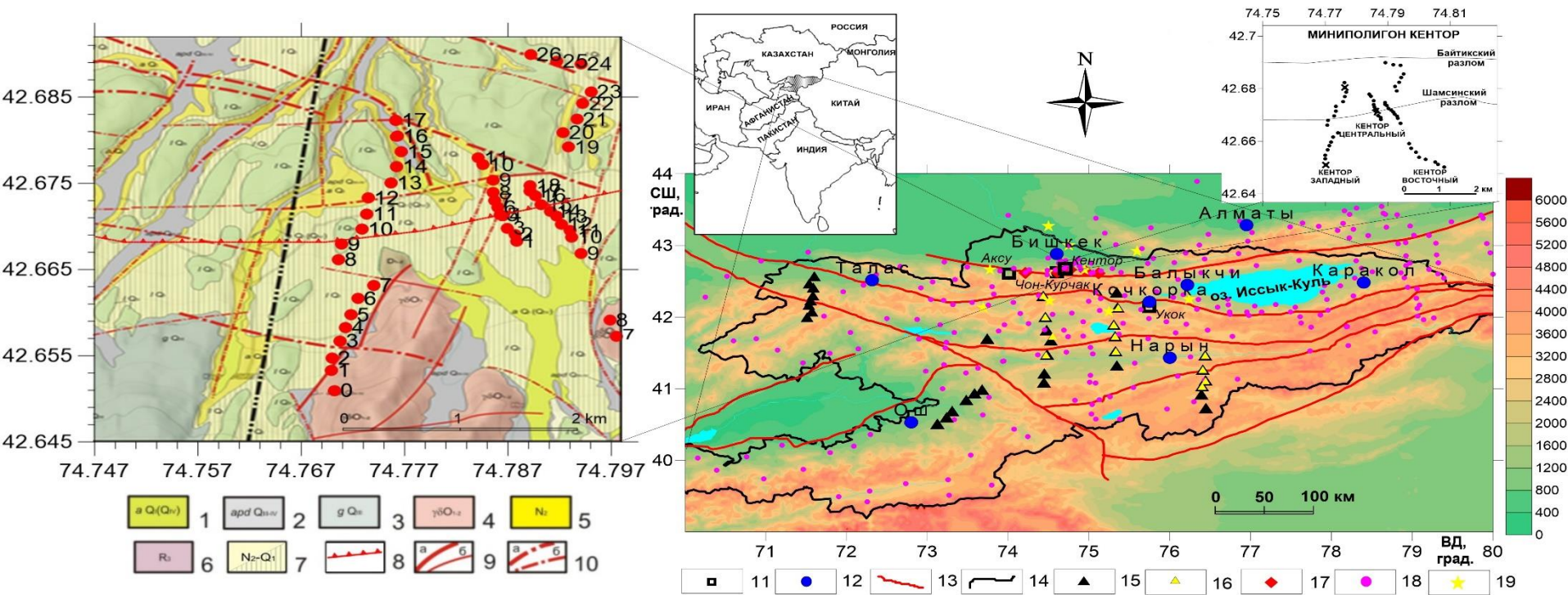
Однако рассчитанная кривая будет отличаться от наблюдаемой в силу многих факторов, таких как тип, мощность и строение земной коры. Расхождения между наблюдаемым полем и расчетной кривой можно убрать с помощью «Программы для первичной обработки данных регистрации гравитационного поля GS-project».



Программа создана в рамках реализации Проекта РФФИ 17-05-654 и предназначена для проведения первичной обработки данных регистрации гравитационного поля гравиметром Scintrex CG-5, установленного в штольне на территории Научной станции РАН.

Программа обеспечивает возможность привязки файла расчетной вертикальной компоненты лунно-солнечного прилива к записи гравиметра и разделения измеренного гравитационного поля на приливную и неприливную составляющую, а также выполнения сравнительного анализа экспериментальных и теоретических значений суточных и полусуточных приливных компонент.

# Система геофизического мониторинга БГП



**Система сейсмологических наблюдений на базе сети цифровых широкополосных телеметрических сейсмических станций (KNET)** - Состоит из 10 автоматических телеметрических станций, 2-х радиоретрансляторов и 3-х центров сбора и обработки сейсмологической информации.

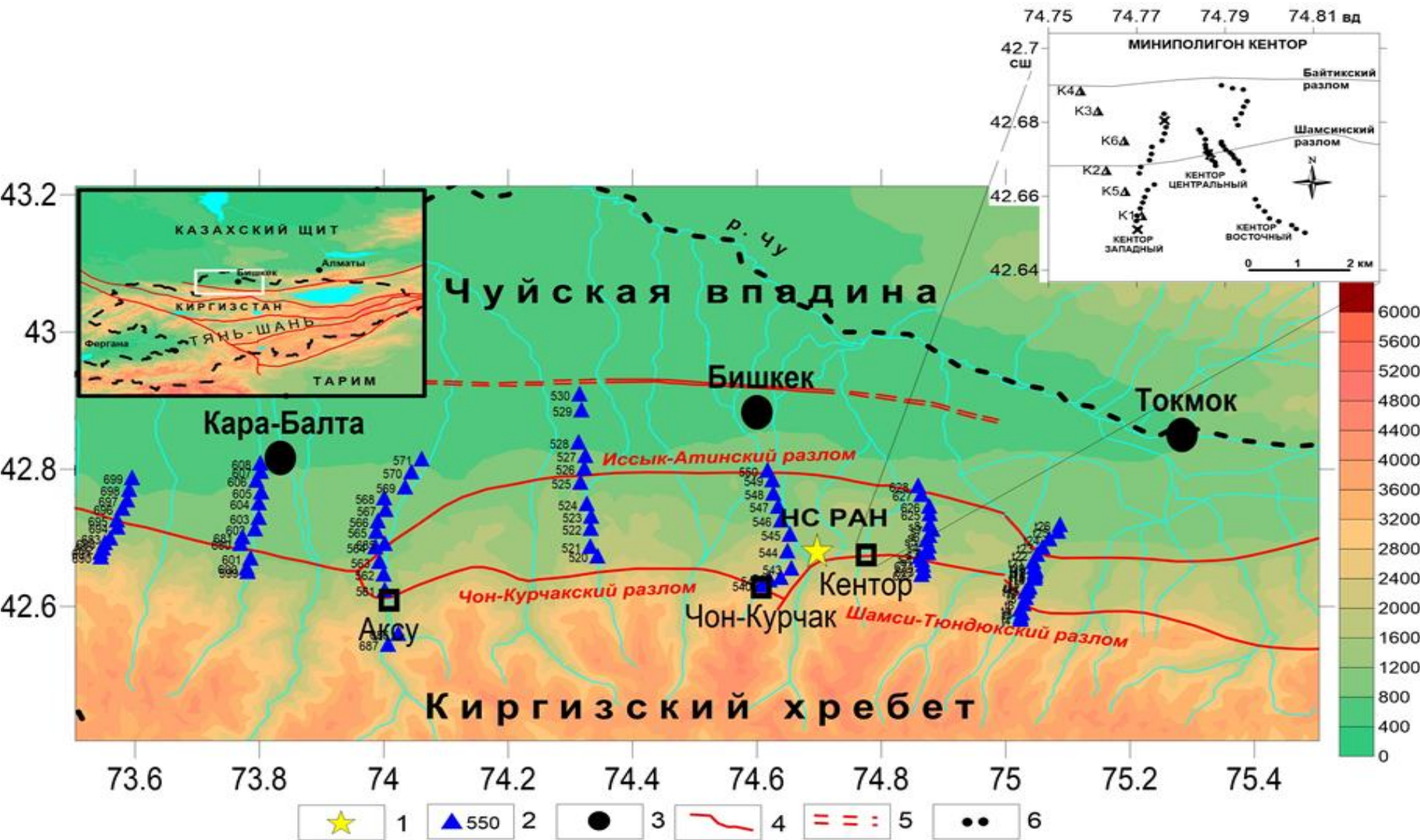
**Центрально-Азиатская GPS сеть** - региональная GPS сеть состоит из ~500 пунктов (1-2 раза в год по 36 часов); локальная GPS сеть - 36 посещаемых пунктов 5-6 раз в год; перманентная GPS - 13 стационарных пунктов, наблюдение на которых ведется непрерывно.

**Система геомагнитных наблюдений** состоит из 7 стационарных пунктов наблюдений и 17 режимных пунктов

**Система электромагнитного мониторинга изменений напряженно-деформационного состояния земной коры** - наблюдения методом ЗСД проводится на 6 стационарных пунктах с частотой измерений 5 раз в день и 17 посещаемых пунктов с частотой измерений 2-3 суток. Методом МТЗ – непрерывно на стационарных пунктах наблюдений; профильный мониторинг - 2 раза в год; режимный – в зависимости от поставленной задачи

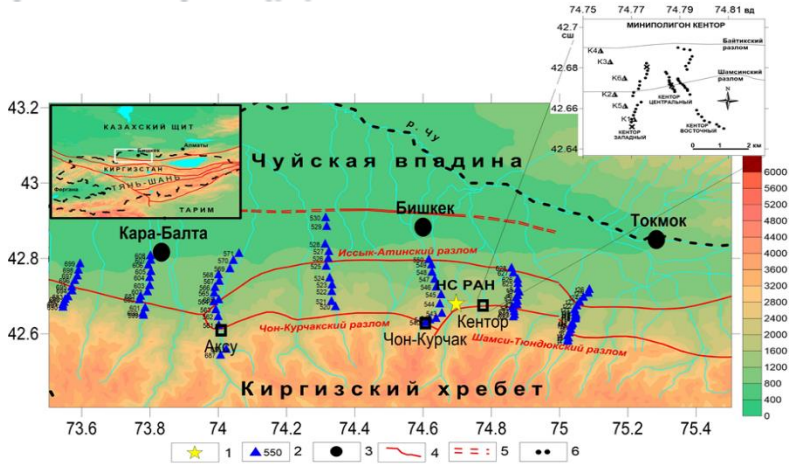


# Серия профилей магнитотеллурического зондирования, секущих южный борт Чуйской впадины



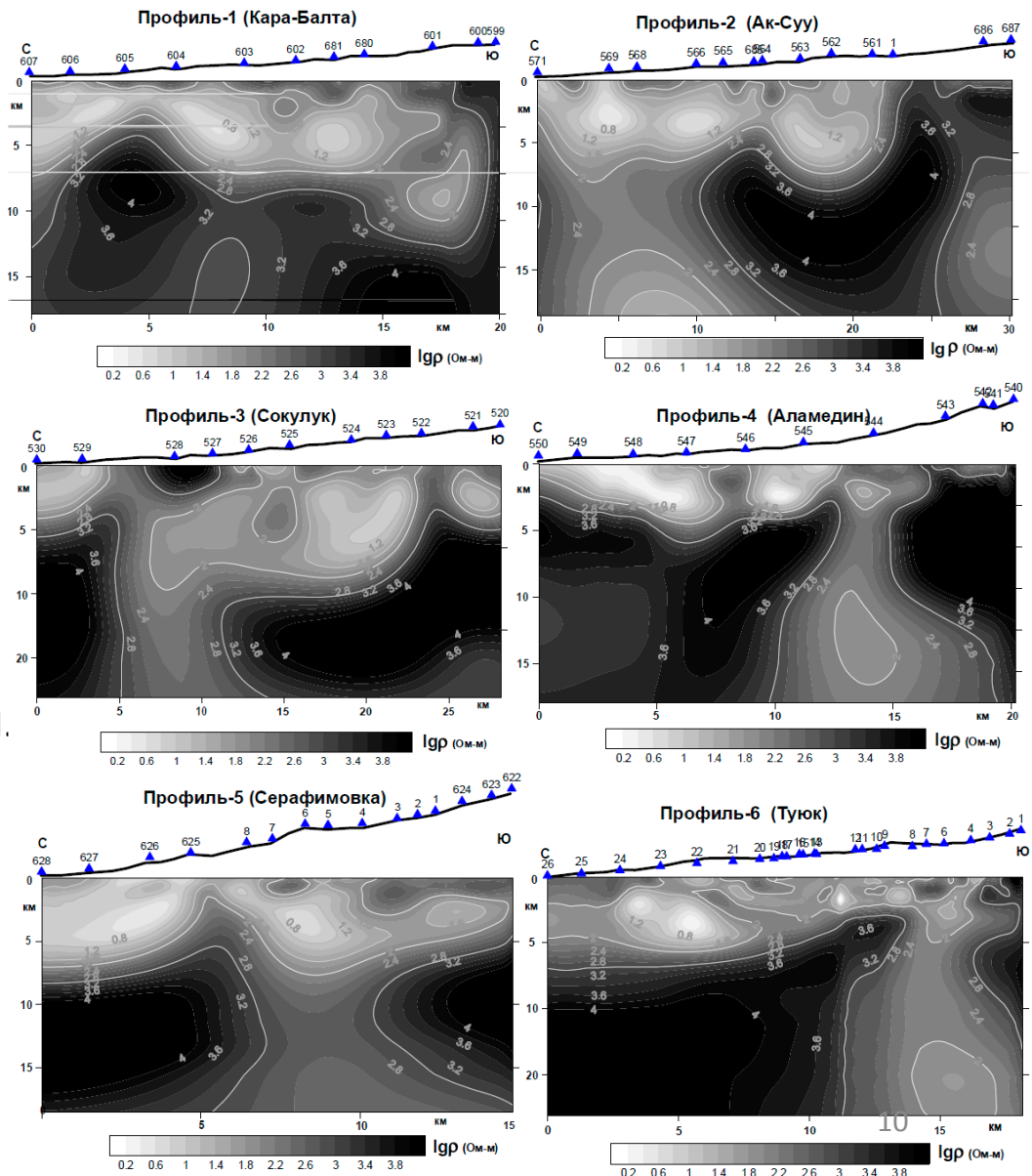
1- Научная станция РАН; 2 – пункты МТЗ; 3 – крупные населенные пункты; 4 – основные разломные структуры; 4 – землетрясения по каталогу KNET; 5 – флексурно-разрывная зона; 6 – граница Киргизской Республики. На врезке в левом верхнем углу светлым прямоугольным контуром показано положение БГП; На врезке в правом верхнем углу – миниполигон Кентор

# Геоэлектрические модели МТ профилей среднемасштабного размера (длиной 15-30 км с шагом по профилю 0,2-1 км)

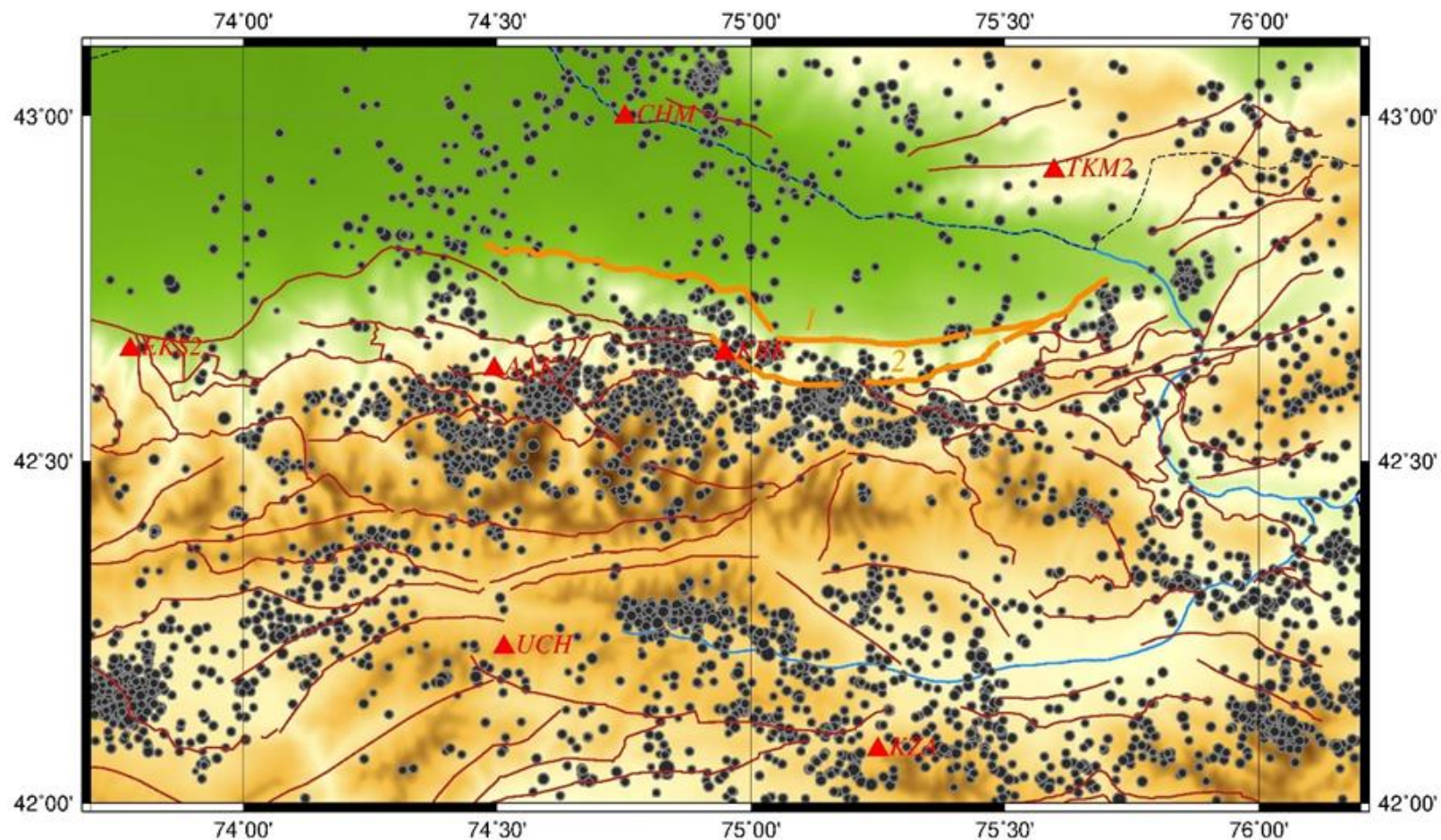


Карта территории Бишкекского геодинамического полигона (БГП) [Рыбин А.К. Глубинная структура и современная геодинамика Центрального Тянь-Шаня по результатам магнитотеллурического зондирования. - М. Научная мысль, 2011]


Геоэлектрические разрезы, полученные по профилям магнитотеллурического зондирования (МТЗ) на территории Бишкекского геодинамического полигона, заложенным в ущельях вдоль Киргизского хребта.

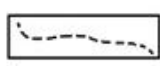



# Схема расположения сети разломных структур на территории Бишкекского геодинамического полигона




 - реки

 - землетрясения по данным каталога KNET за 1994 г.-2020 г.

 - граница государства

 - разломы по данным С.И. Кузикова [Ребецкий и др., 2016]  
1 - Иссык-Кульский разлом  
2 - Шамсинский разлом

 - станции сети KNET

В настоящее время на территории БГП основные экспериментальные исследования направлены на изучение **зон повышенной трещиноватости и флюидонасыщенности**.

Повышенный интерес к **изучению разломных зон** связан с их важной ролью в формировании напряженно-деформированного состояния земной коры сейсмоактивных регионов, **режима подземных флюидов**, а также с **процессами массо-тепло- и энергообмена в зонах их динамического влияния**. Этими факторами обусловлен и новый этап развития исследований природы деформационных процессов в земной коре Бишкекского полигона.

Метод магнитотеллурического зондирования (МТЗ), один из ведущих методов электромагнитного мониторинга Бишкекского геодинамического полигона (БГП), позволяет осуществлять мониторинг **скрытых разломных структур**, которые не проявляются в осадочном чехле, но являются **зонами повышенной трещиноватости и флюидопроницаемости фундамента** и проявляются аномалиями в геофизических полях.

**Для обнаружения и изучения зон трещиноватости** используется как **анализ традиционных электромагнитных параметров** (кажущегося сопротивления, фазы импеданса и т.д), так и новых - **анизотропные изменения электропроводности** геологической среды, оценка которой осуществляется на основе методических подходов, специально разработанных в течение последнего десятилетия для проведения мониторинговых исследований.

Геологическая среда, в целом, и **разломная структура**, в частности, подвержена **периодическому воздействию лунно-солнечных приливов**, в результате чего также периодически изменяются ее параметры (**электропроводность, флюидонасыщенность, упругость** и т.д.).

# Связанные явления: ЭМИССИЯ

1

- **Акустическая эмиссия (АЭ)** заключается в генерации упругих волн напряжения в твердых телах в результате локальной динамической перестройки их структуры.

2

**Электромагнитная эмиссия -**  
 Электромагнитная эмиссия (ЭМЭ) — нестационарное (скачкообразное) изменение потенциала электрического поля вблизи деформируемого твердого тела (иногда называют электромагнитным излучением (ЭМИ))

3

**Термоакустическая эмиссия** явление акустической эмиссии (АЭ) при нагревании образцов в относительно широком температурном диапазоне

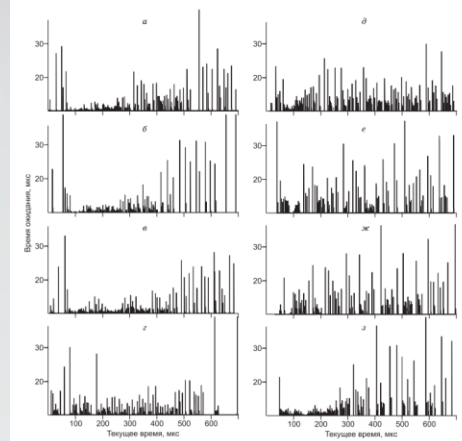
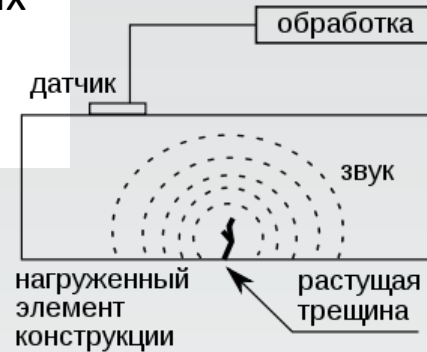


Рис. 4. Последовательность интервалов между сигналами АЭ (а—д) и ФЛ (а—д), превышающими уровень дискриминации.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ КАК ВОЗМОЖНЫЙ СПОСОБ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИИ РГ-УСЛОВИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ГОРНЫХ ПОРОД

Казначеев П.А.<sup>1</sup>, Майбук З.-Ю.Я.<sup>1</sup>, Пономарев А.В.<sup>1</sup>, Смирнов В.Б.<sup>1,2</sup>, Бондаренко П.Б.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Институт физики Земли им. О.Ю. Шуксета РАН, Москва, р. д. Котельни

<sup>2</sup> МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

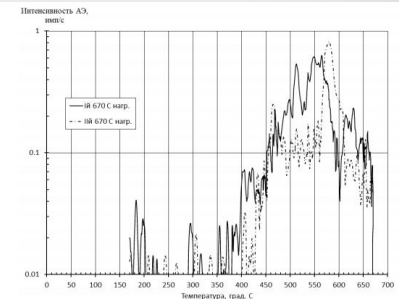
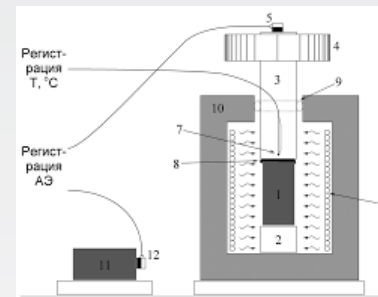


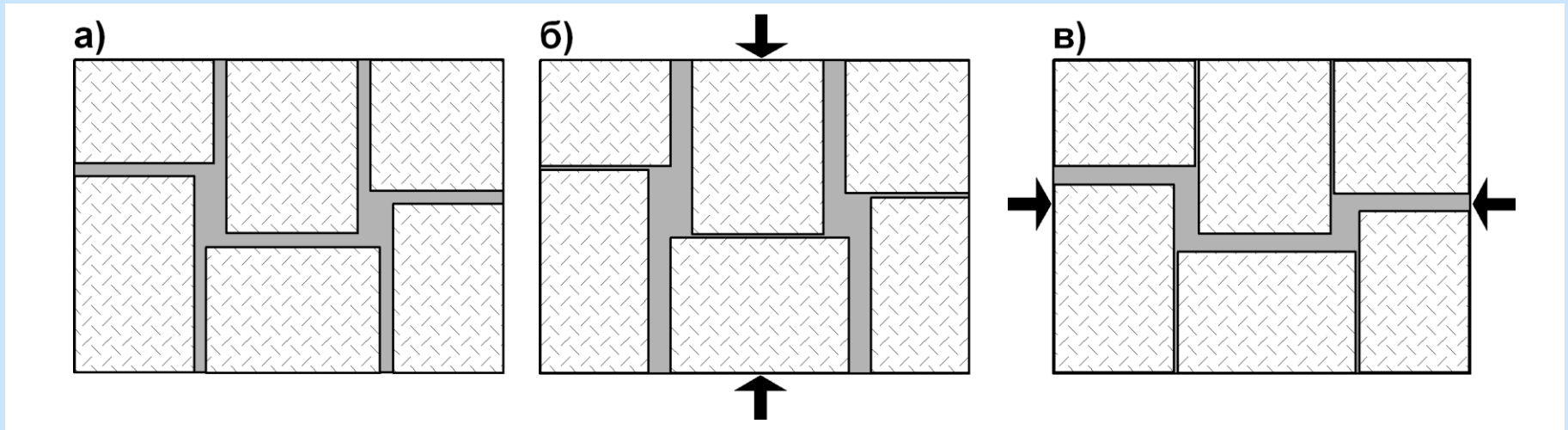
Рис. 1. Зависимость интенсивности ТАЭ от температуры для двух образцов песчанки: не подвергнутого нагреванию (вверху) и подвергнутого предварительному одноосному нагружению до нагрузки, близкой к разрушающей (внизу). Представлены данные для циклов нагрева, идущих по времени друг за другом в последовательности, соответствующей порядку сложения в легенде с указанием максимальной температуры нагрева

**Лунно-солнечные приливные воздействия** являются природным эталоном деформирующих сил, которые можно точно рассчитать и спрогнозировать во времени и пространстве, благодаря существующему математическому аппарату.

При этом **лунно-солнечный прилив** как фактор, определяющий механику деформирования геологической среды и вещественные преобразования в земной коре, имеет тесную взаимосвязь с геофизическими полями, отражающими эти процессы.

**Удельное электрическое сопротивление  $\rho$**  - физический параметр горных пород, который характеризуется очень высокой чувствительностью к изменениям напряженного состояния геологической среды.

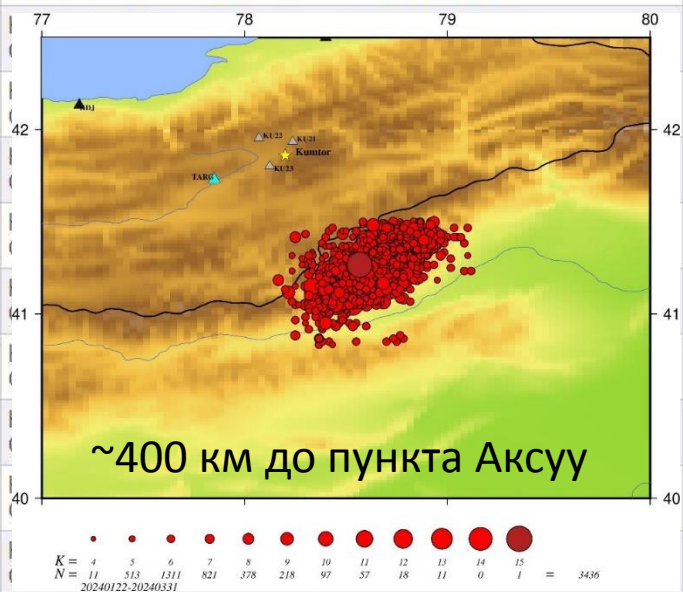
Это обусловлено, прежде всего, влиянием на данный параметр структурных особенностей горной породы, степени ее флюидонасыщенности и минерализации флюида. Под воздействием лунно-солнечных приливов среда деформируется, меняется характер порового пространства и трещиноватости, происходит движение флюидов и, как следствие, изменяется удельное сопротивление породы.



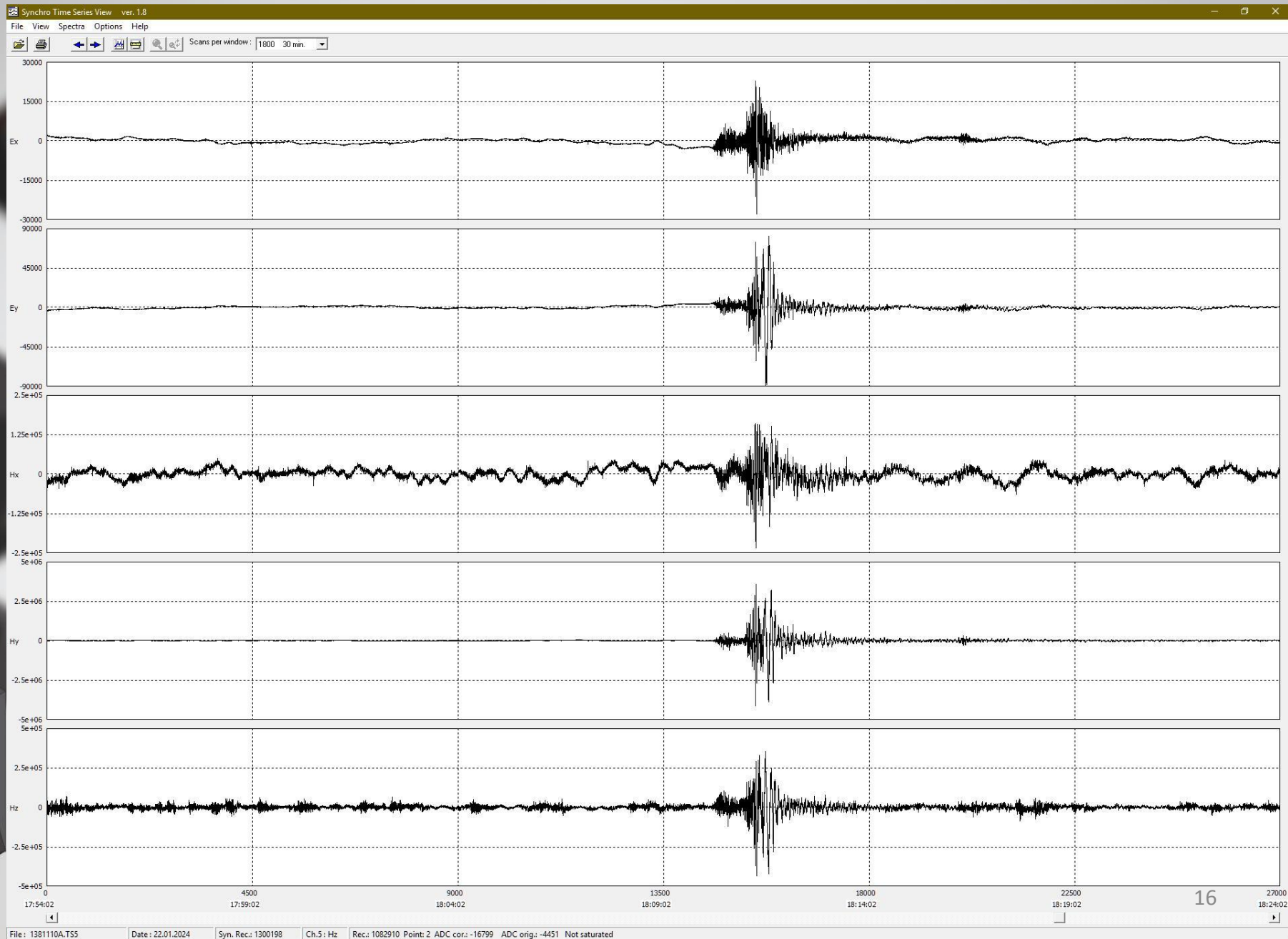
**Схематическая модель перераспределения флюида между системами трещин, иллюстрирующая возрастание и убывание электропроводности по ортогональным направлениям:**

а) недеформированный массив; б) стрелками показано направление сжатия, вызывающего закрытие поперечных трещин и открытие продольных с увеличением электропроводности вдоль оси сжатия и с уменьшением электропроводности вдоль оси растяжения.

# Афтершоки после землетрясения 22.01.2024

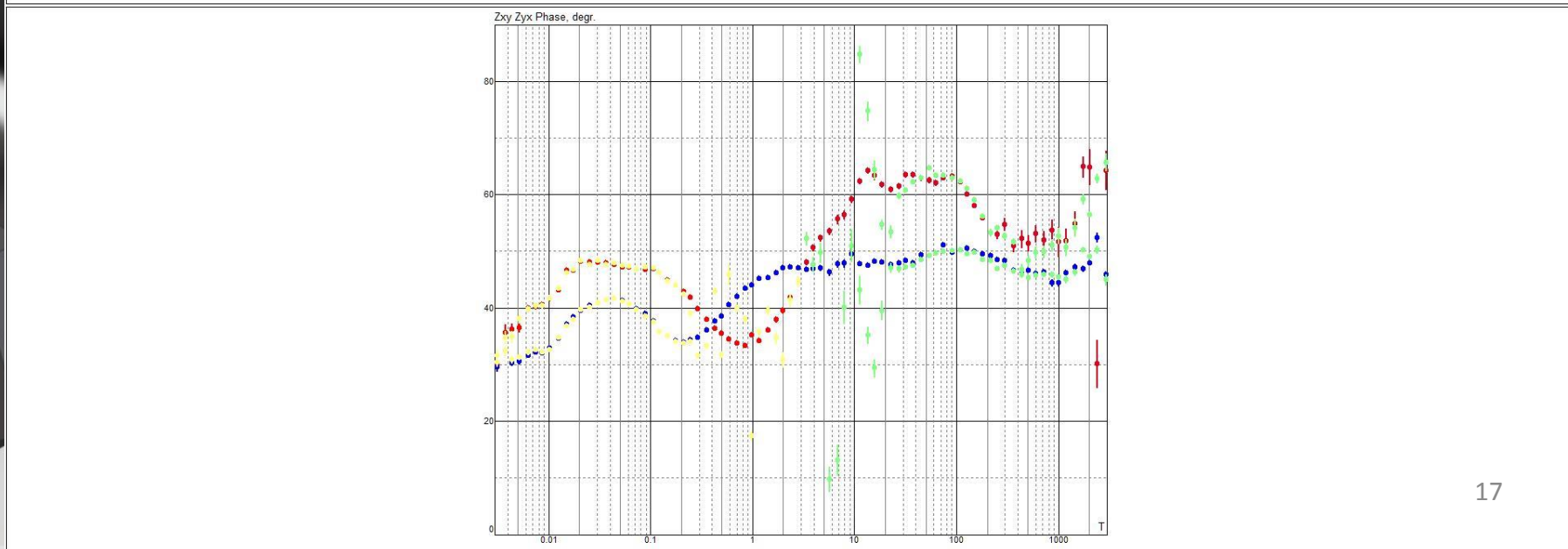
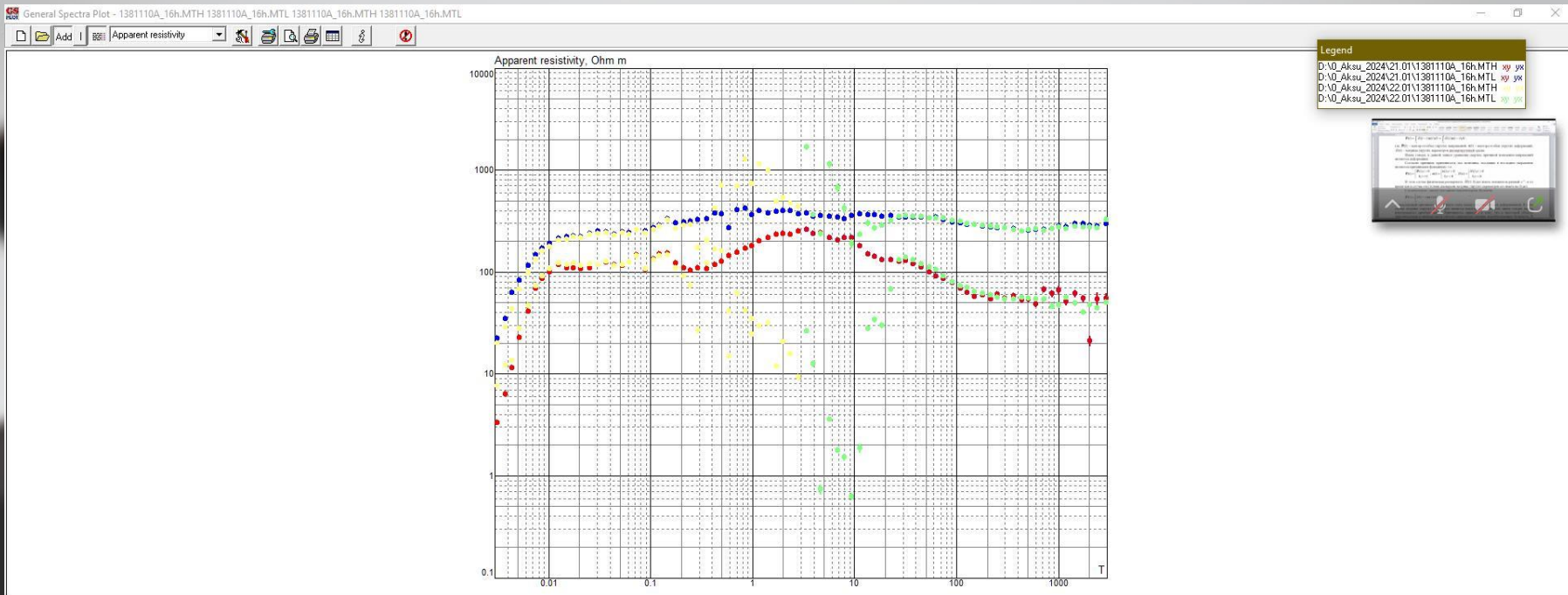
Год	Месяц	День	Время UTC	Мэ	лат.	Лон	Глубина км	Область	ИРИС ID	Временная метка	
2024 год	01	23	00:12:41	4,6	41.2328	78,5588	10,0	КЫРГЫЗСТАН-СИНЬЦЗЯНСКАЯ ПОГРАНИЧНАЯ ОБЛАСТЬ.	<a href="#">11793884</a>	1705968761	
2024 год	01	22	23:56:20	4,8	41.2501	78,5733	10,0	КЫРГЫЗСТАН-СИНЬЦЗЯНСКАЯ ПОГРАНИЧНАЯ ОБЛАСТЬ.	<a href="#">11793873</a>	1705967780	
2024 год	01	22	23:19:26	5,6	41,2186	78.7240	10,0	КЫРГЫЗСТАН-СИНЬЦЗЯНСКАЯ ПОГРАНИЧНАЯ ОБЛАСТЬ.	<a href="#">11793855</a>	1705965566	
2024 год	01	22	23:03:28	4,5	41,3873	78,7799	16,8	КЫРГЫЗСТАН-СИНЬЦЗЯНСКАЯ ПОГРАНИЧНАЯ ОБЛАСТЬ.	<a href="#">11793850</a>	1705964608	
2024 год	01	22	22:56:42	4.3	41.2226	78,5759	10,0	 <p>~400 км до пункта Аксуу</p>	<a href="#">11793848</a>	1705964202	
2024 год	01	22	22:40:27	4.4	41.2445	78,6484	10,0		<a href="#">11793894</a>	1705963227	
2024 год	01	22	22:20:04	4.2	41.1882	78.6353	10,0		<a href="#">11793878</a>	1705962004	
2024 год	01	22	22:09:01	4.1	41,3811	78,6924	10,0		<a href="#">11793829</a>	1705961341	
2024 год	01	22	21:43:05	5.2	41.2018	78.7531	10,0		<a href="#">11793817</a>	1705959785	
2024 год	01	22	21:38:36	4,5	41,2723	78,8561	10,0		<a href="#">11793865</a>	1705959516	
2024 год	01	22	21:16:44	4,9	41.2115	78,5765	10,0		<a href="#">11793812</a>	1705958204	
2024 год	01	22	20:57:13	4,9	41.3129	78,8283	10,0		<a href="#">11793806</a>	1705957033	
2024 год	01	22	20:29:31	4,9	41.2392	78.7539	10,0		<a href="#">11793797</a>	1705955371	
2024 год	01	22	19:36:47	5,5	41.1979	78,6168	10,0		КЫРГЫЗСТАН-СИНЬЦЗЯНСКАЯ ПОГРАНИЧНАЯ ОБЛАСТЬ.	<a href="#">11793779</a>	1705952207
2024 год	01	22	18:50:43	5.0	41.4214	78.7187	10,0		КЫРГЫЗСТАН-СИНЬЦЗЯНСКАЯ ПОГРАНИЧНАЯ ОБЛАСТЬ.	<a href="#">11793765</a>	1705949443
2024 год	01	22	18:42:33	5,5	41.3326	78,7686	10,0		КЫРГЫЗСТАН-СИНЬЦЗЯНСКАЯ ПОГРАНИЧНАЯ ОБЛАСТЬ.	<a href="#">11793758</a>	1705948953
2024 год	01	22	18:32:40	5.1	41.1562	78,6640	10,0		КЫРГЫЗСТАН-СИНЬЦЗЯНСКАЯ ПОГРАНИЧНАЯ ОБЛАСТЬ.	<a href="#">11793760</a>	1705948360
2024 год	01	22	18:14:16	5,8	41.2946	78,6076	10,0		КЫРГЫЗСТАН-СИНЬЦЗЯНСКАЯ ПОГРАНИЧНАЯ ОБЛАСТЬ.	<a href="#">11793824</a>	1705947256
2024 год	01	22	18:09:04	<b>7.0</b>	41,2689	78,6490	13,0		КЫРГЫЗСТАН-СИНЬЦЗЯНСКАЯ ПОГРАНИЧНАЯ ОБЛАСТЬ.	<a href="#">11793750</a>	1705946944

# Запись Учтурфанского землетрясения 22.01.2024 на 5 компонентах электромагнитного поля (MTU-5 Phoenix Geophysics)

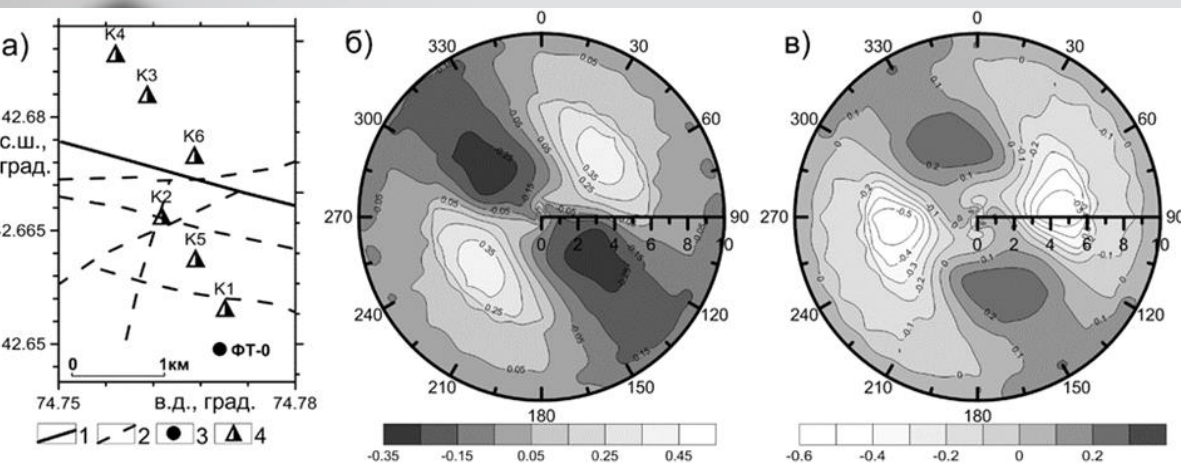




# Apparent resistivity and impedance phase curves for the Aksuu stationary monitoring station (January 24, 2024)

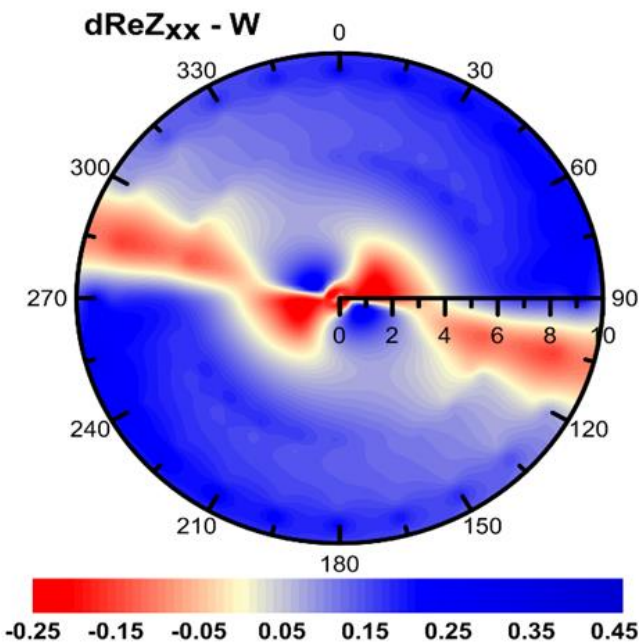
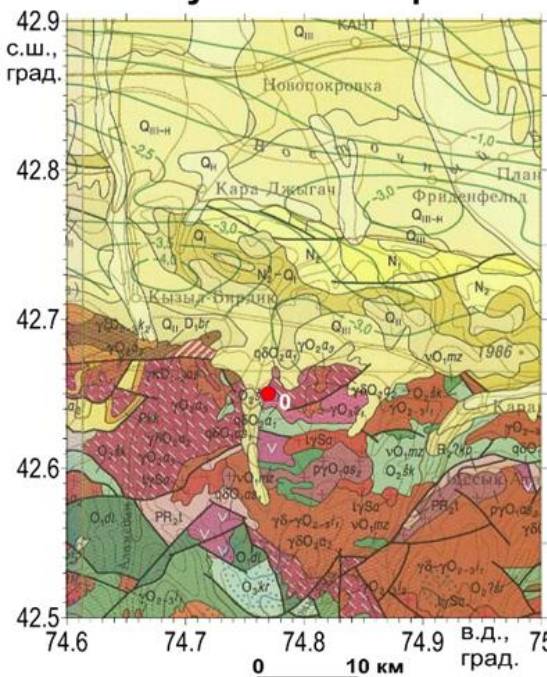


# Корреляционные полярные диаграммы для участка миниполигона Кентор



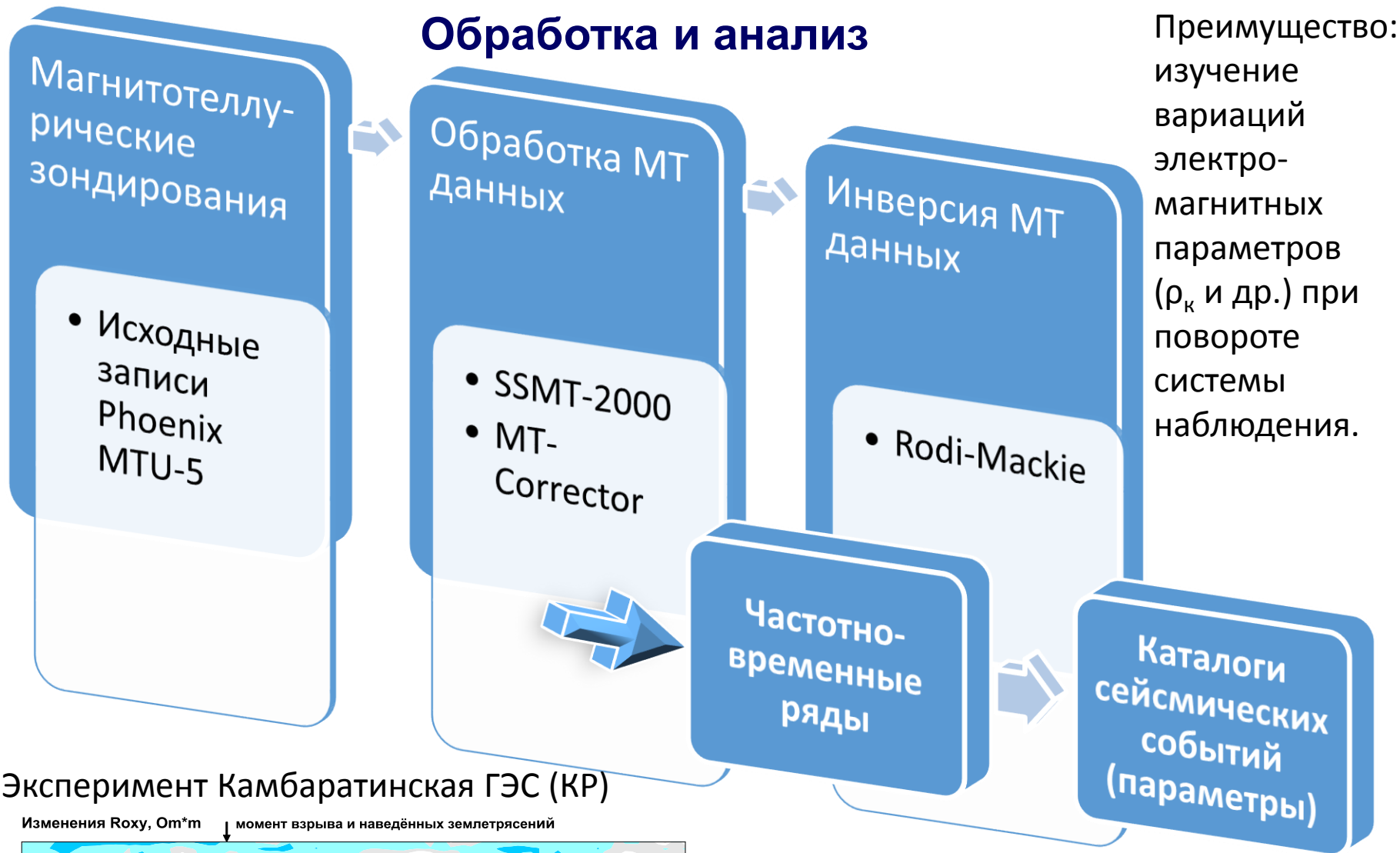
а) – схема расположения пунктов мониторинга и разломов: 1 – Шамсинский региональный разлом, 2 – локальные разломы, 3 – пункт МТ-мониторинга, 4 – пункты светодальномерных наблюдений. Корреляционные диаграммы для вариаций кажущегося сопротивления ( $dRo$ ) в пункте **ФТ-0** и: б) – северной компонентой лунно-солнечных приливных воздействий ( $A_v$ ), в) – изменений длин базовых линий между пунктами **K5** и **K2** по результатам светодальномерных наблюдений.

## Пункт 0 Кентор

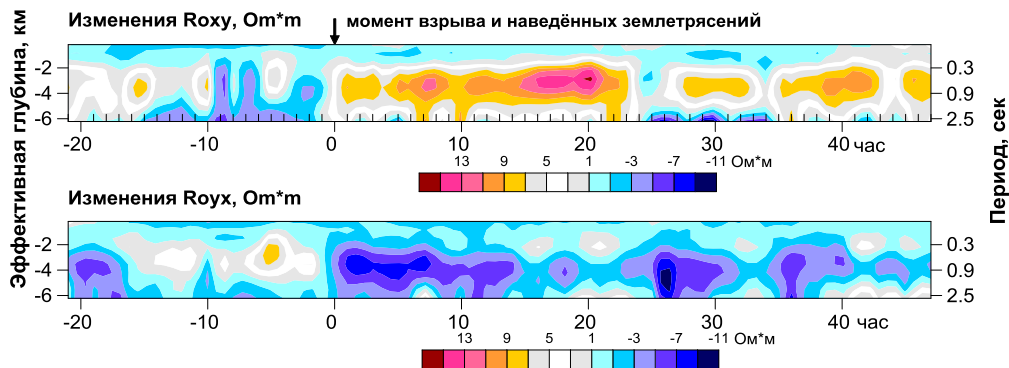


Корреляционная полярная диаграмма реальной части дополнительного импеданса в интервале периодов от 0.01 до 100 секунд с модулем вектора Визе (типпером).

# Обработка и анализ



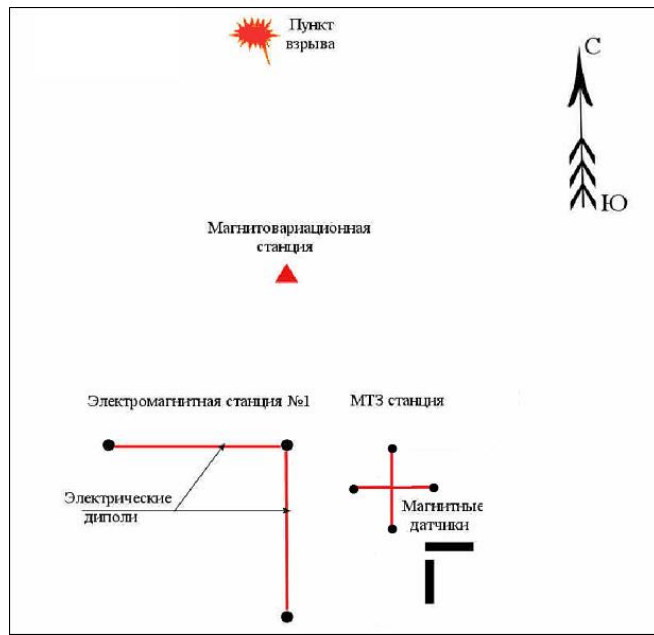
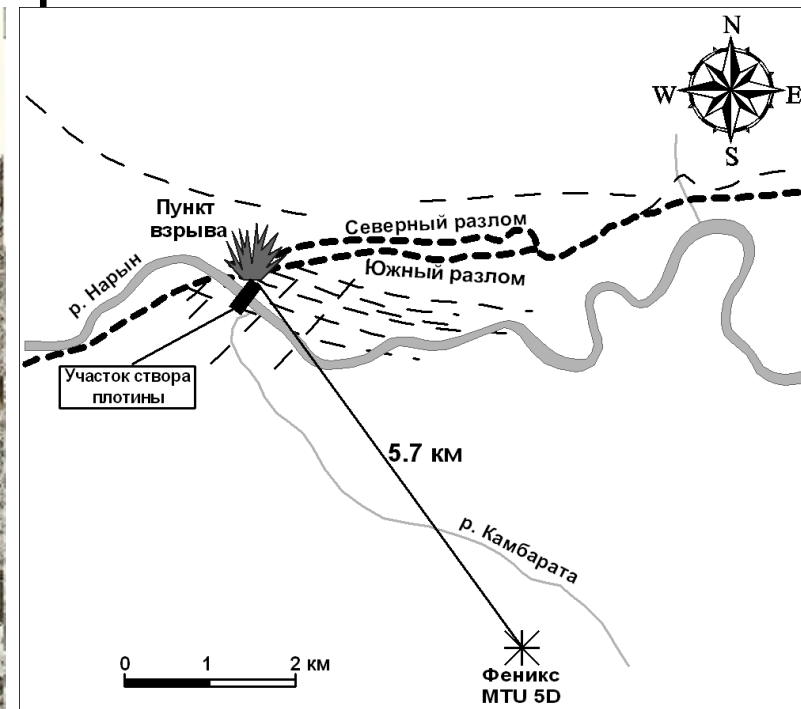
## Эксперимент Камбаратинская ГЭС (КР)



Баталева Е.А., Баталев В.Ю., Рыбин А.К. К вопросу о взаимосвязи вариаций электропроводности земной коры и геодинамических процессов // Физика Земли. – 2013. – № 3. – С. 105-113.

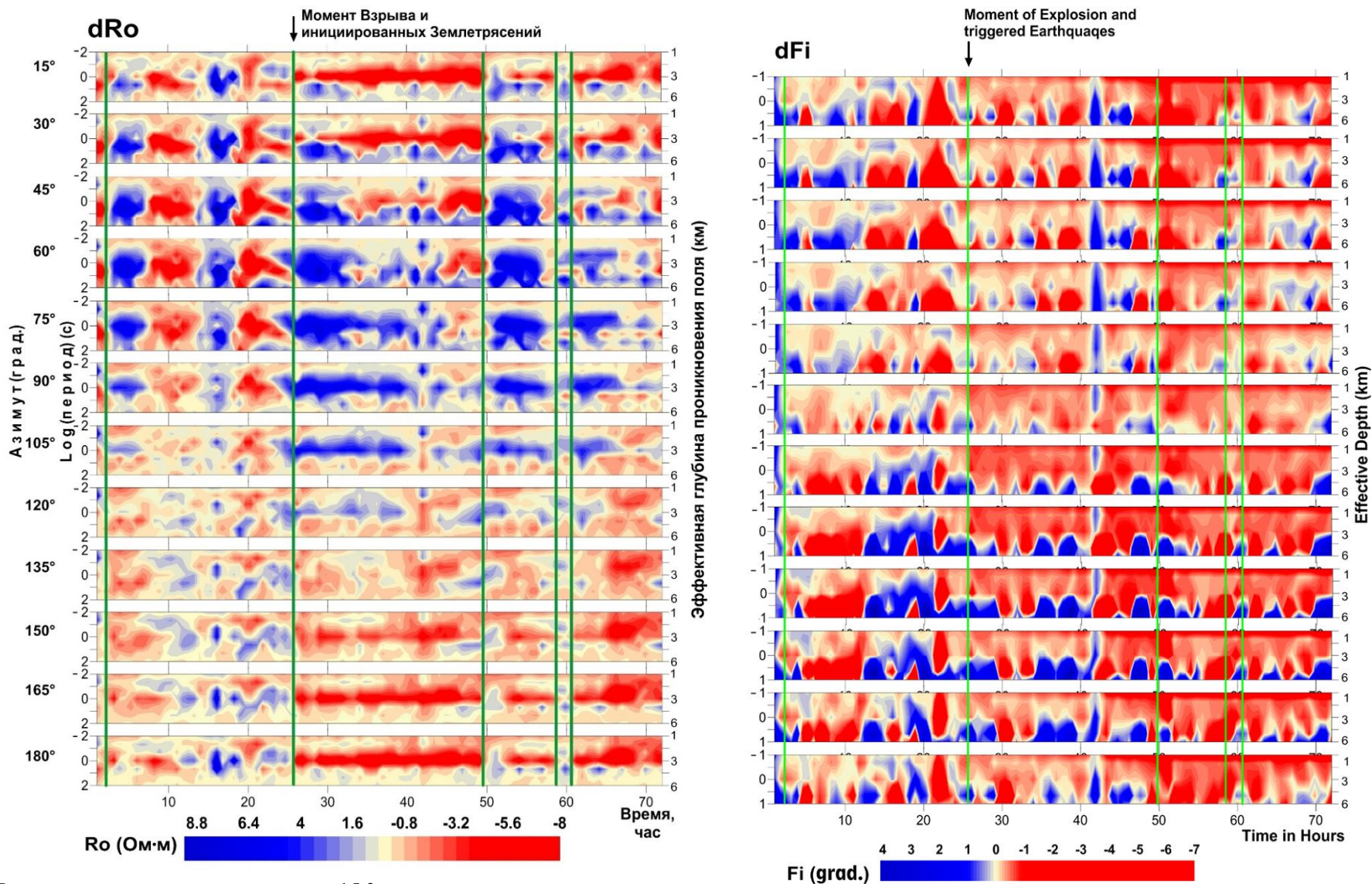
Баталева Е.А., Рыбин А.К., Баталев В.Ю. Вариации кажущегося сопротивления горных пород как индикатор напряженно-деформированного состояния среды // Геофизический исследования. – 2014. – Т. 15. – № 4. – С. 54-63.

# Камбаратинский эксперимент



Пункт крупномасштабного промышленного взрыва “Камбарата” мощностью 2.914 килотонны [Баталева и др., 2013]. Процесс резкого изменения напряженно-деформированного состояния наблюдался в Камбаратинском эксперименте при тектонической разгрузке после реализации наведенных взрывом сейсмических событий. В итоге, с помощью методики азимутального мониторинга в регистрируемых временных рядах кажущегося электросопротивления до и после взрыва удалось выделить характерные признаки изменения напряженно-деформированного состояния среды, обусловленные динамикой сейсмического процесса. Подробно магнитотеллурические результаты Камбаратинского эксперимента представлены в целой серии работ [Баталева и др., 2013; Баталева и др., 2014; Баталева, Баталев, 2017; Bataleva, 2019; Rybin et al., 2020].

# Результаты мониторинговых магнитотеллурических зондирований на территории Тянь-Шаня (Камбарата)



Частотно-временные ряды с шагом 15 ° по азимуту, отражающие вариации кажущегося сопротивления до и после крупномасштабного промышленного взрыва в районе Камбаратинской ГЭС-2. Вертикальные линии отмечают моменты взрыва и близких сейсмических событий, инициированных взрывом.

Данные, полученные в ходе Камбаратинского эксперимента в результате проведенных сейсмических наблюдений, позволили установить наличие обусловленных взрывом подвижек по разлому, прилегающему к пункту взрыва, а также зафиксировать через 12 с после взрыва серию наведенных слабых сейсмических событий на расстоянии от пункта взрыва около 16 км [Брагин, 2011].

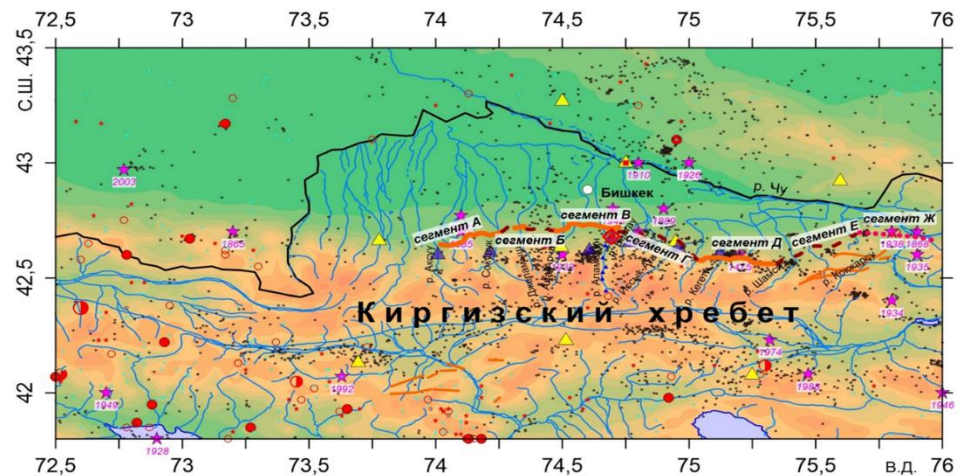
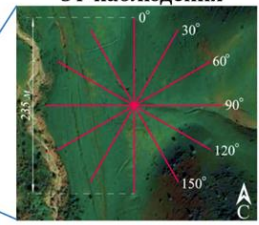
Наиболее яркая взаимосвязь вариаций кажущегося сопротивления ( $\Delta R_k$ ) и сейсмических событий наблюдается для азимутов  $15^\circ$ ,  $150^\circ$ ,  $165^\circ$  и  $180^\circ$ . Вариации  $R_k$  имеют одну тенденцию (возрастание или убывание) для всех азимутов, причем для ЧВР рисунка 2 характерна резкая смена знака вариаций  $R_k$ . Такой характер вариаций может быть интерпретирован либо влиянием электромагнитных помех, отражающихся на всех азимутах, либо в рамках гипотезы [Vogomolov et al., 2007] о перераспределении поровых жидкостей в порово-трещинном пространстве - перемещением поровых жидкостей в вертикальном направлении. Оба этих варианта должны быть либо подтверждены, либо опровергнуты дополнительной информацией. В данном случае более вероятной является вторая причина, т.к. наблюдаемый в районе Камбараты уровень промышленных электромагнитных помех низок, и регистрация компонент МТ-поля осуществлялась в благоприятных условиях. Аномальные изменения для указанных азимутов частотно-временных рядов азимутального МТ-мониторинга соответствуют гипотезе [Bragin et al., 2005] о перераспределении поровых жидкостей в порово-трещинном пространстве, что морфологически выражается в ортогональности азимутов, на которых происходят вариации уменьшения и увеличения кажущегося сопротивления.

Вертикальными линиями на рисунке 2 показаны моменты взрыва и землетрясений, в том числе инициированных промышленным взрывом. Энергетический класс данных сейсмических событий невелик, но с учётом расстояний, значительных деформационных процессов, возникших в зондируемом объеме среды, наблюдаются интенсивные вариации кажущегося сопротивления в указанные моменты времени.

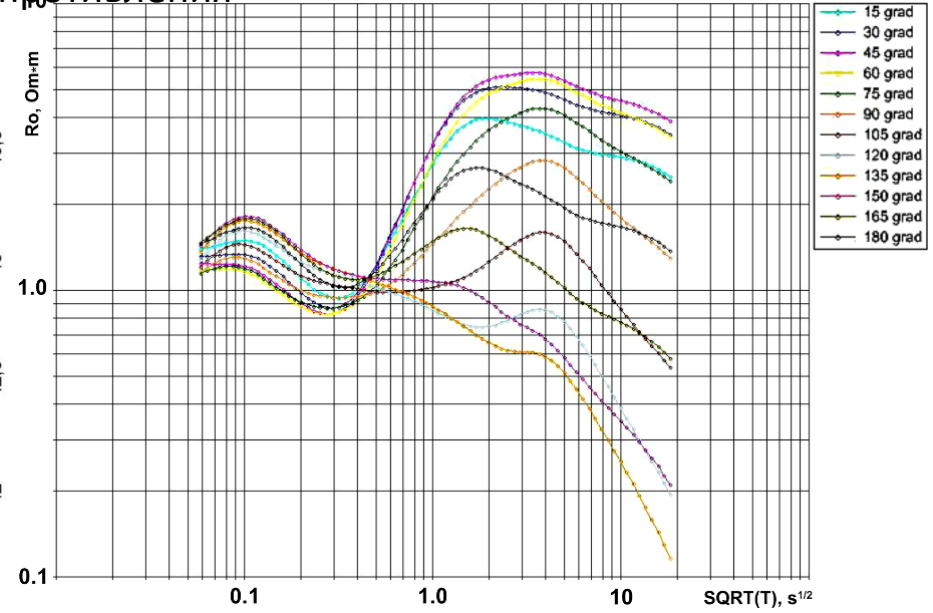
Важнейшим «геодинамическим» результатом анализа частотно-временных рядов азимутального магнитотеллурического мониторинга Камбаратинского эксперимента является выделение направлений максимальных и минимальных изменений кажущихся электросопротивлений, предположительно соответствующих осям сжатия и растяжения деформационного процесса среды [Баталева и др., 2013].

# Азимутальные наблюдения электрического поля

для исследования сред с азимутальной анизотропией  
сопротивления



- ◇ НС РАН
- ▲ Пункты МТЗ
- границы государства
- 1992 год землетрясения
- разломы а - выраженные в рельефе в виде уступа, б - предполагаемые (без уступа) в - выделяемые по геоэлектрическим методам
- реки
- озера
- Бийиктик города
- ▲ станции (КNET)
- землетрясения (КNET)
- ★ землетрясения КNET 8 - 12 класса
- ▲ стационарные пункты электромагнитного мониторинга
- стационарные пункты GPS
- ★ исторические землетрясения



При выполнении расчетов значений компонент тензора импеданса и для построения их азимутальных кривых ( $\alpha$  – азимут в градусах) используются формулы

$$Z_{xx}^\alpha(T) = Z_{xx} \cos^2 \alpha + Z_{yy} \sin^2 \alpha + (Z_{xy} + Z_{yx}) \sin \alpha \cos \alpha$$

$$Z_{yy}^\alpha(T) = Z_{yy} \cos^2 \alpha + Z_{xx} \sin^2 \alpha - (Z_{xy} + Z_{yx}) \sin \alpha \cos \alpha$$

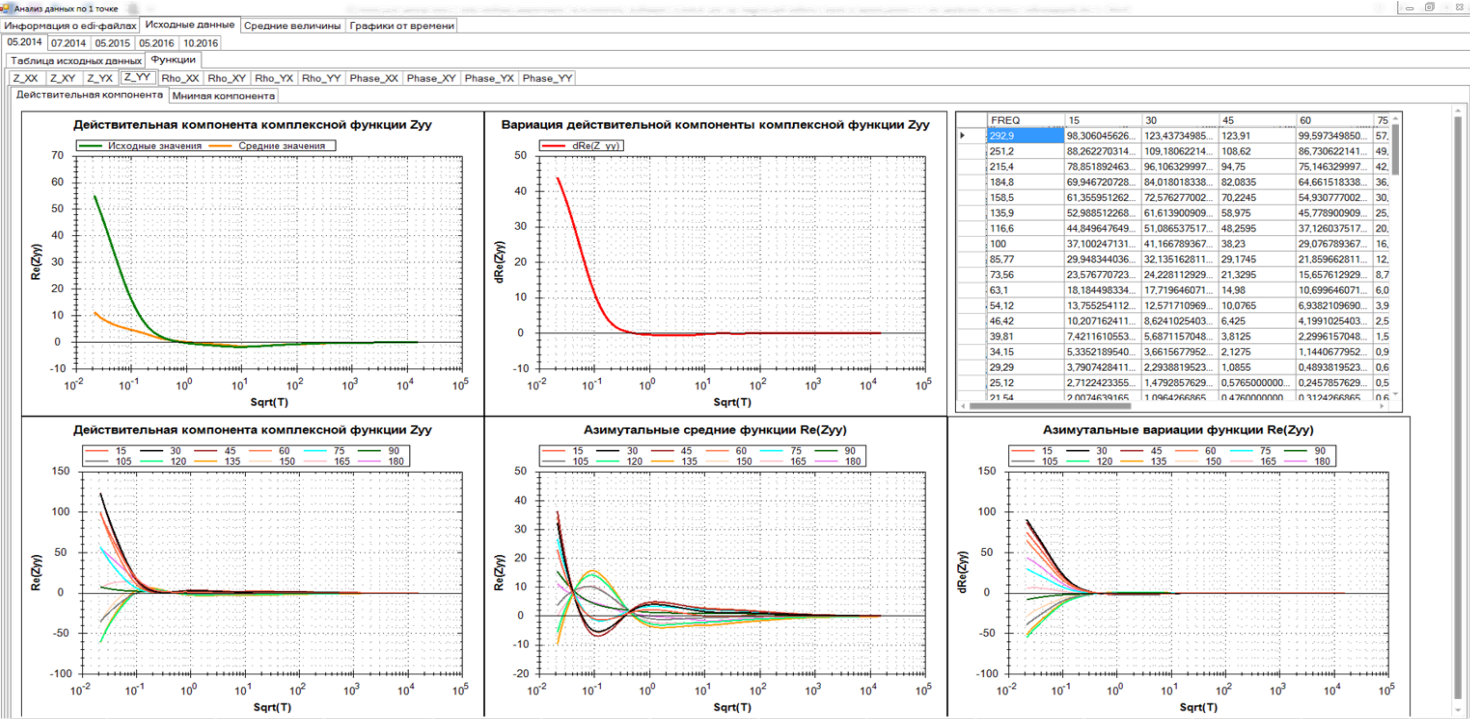
$$Z_{xy}^\alpha(T) = Z_{xy} \cos^2 \alpha - Z_{yx} \sin^2 \alpha - (Z_{xx} - Z_{yy}) \sin \alpha \cos \alpha$$

$$Z_{yx}^\alpha(T) = Z_{yx} \cos^2 \alpha - Z_{xy} \sin^2 \alpha - (Z_{xx} - Z_{yy}) \sin \alpha \cos \alpha$$

$$\rho_m^\alpha(T) = \frac{T |Z_m^\alpha(T)|^2}{2\pi\mu_0}, m = xx, xy, yx, yy$$

$$\rho_m^\alpha(T) = \frac{T |Z_m^\alpha(T)|^2}{2\pi\mu_0}, m = xx, xy, yx, yy$$

Карта-схема района исследований с сегментацией Иссык-Атинского разлома взята из [Абдрахматов, Джумабаева, 2014].



Режим анализа данных (кривых кажущегося сопротивления  $\rho_k$ ) по одной точке для профильного МТ-мониторинга в программе GraphBuilder

Hour	T,sec	LOG(T)	deltaRoXzy	deltaRoXzy	deltaRoXzy	deltaRoXzy	deltaRoXzy	deltaRoXzy	deltaRoXzy	deltaRoXzy	deltaRoXzy	deltaRoXzy	deltaRoXzy	deltaRoXzy
1	0.01	-2	-10.908553	-9.0275599	-6.1398169	-3.1546589	-1.0820911	-0.5520239	-1.5709215	-3.6556364	-6.1730034	-8.584063	-10.452908	-11.353352
1	0.01165909	-1.9333354	-10.049681	-8.3235567	-5.7695649	-3.2016277	-1.5018685	-1.1902016	-2.2205557	-4.1228015	-6.3227686	-8.3605597	-9.8841974	-10.549889
1	0.01359434	-1.8666417	-8.567169	-7.0723364	-4.9714969	-2.9509145	-1.7219488	-1.6605001	-2.6596875	-4.2818336	-6.0456855	-7.6019667	-8.7036189	-9.1020555
1	0.01584786	-1.8000294	-6.7378271	-5.5071404	-3.8998511	-2.4639177	-1.7266893	-1.9110109	-2.850207	-4.1500287	-5.4368847	-6.4832497	-7.151343	-7.2874549
1	0.01847746	-1.7333578	-4.5956358	-3.6657396	-2.5988022	-1.7931625	-1.5733548	-1.9944861	-2.831261	-3.7508024	-4.5105102	-5.019275	-5.2494376	-5.135536

Surfer® 16.3.408 (64-bit) Apr 5 2019

Powerful Contouring, Gridding, & 3D Surface Mapping Software

Sales: +1 800 972 1021  
 Technical Support: +1 303 279 1021  
 surfersupport@goldensoftware.com

Golden Software, LLC  
 809 14th Street  
 Golden, Colorado 80401-1866  
 www.goldensoftware.com

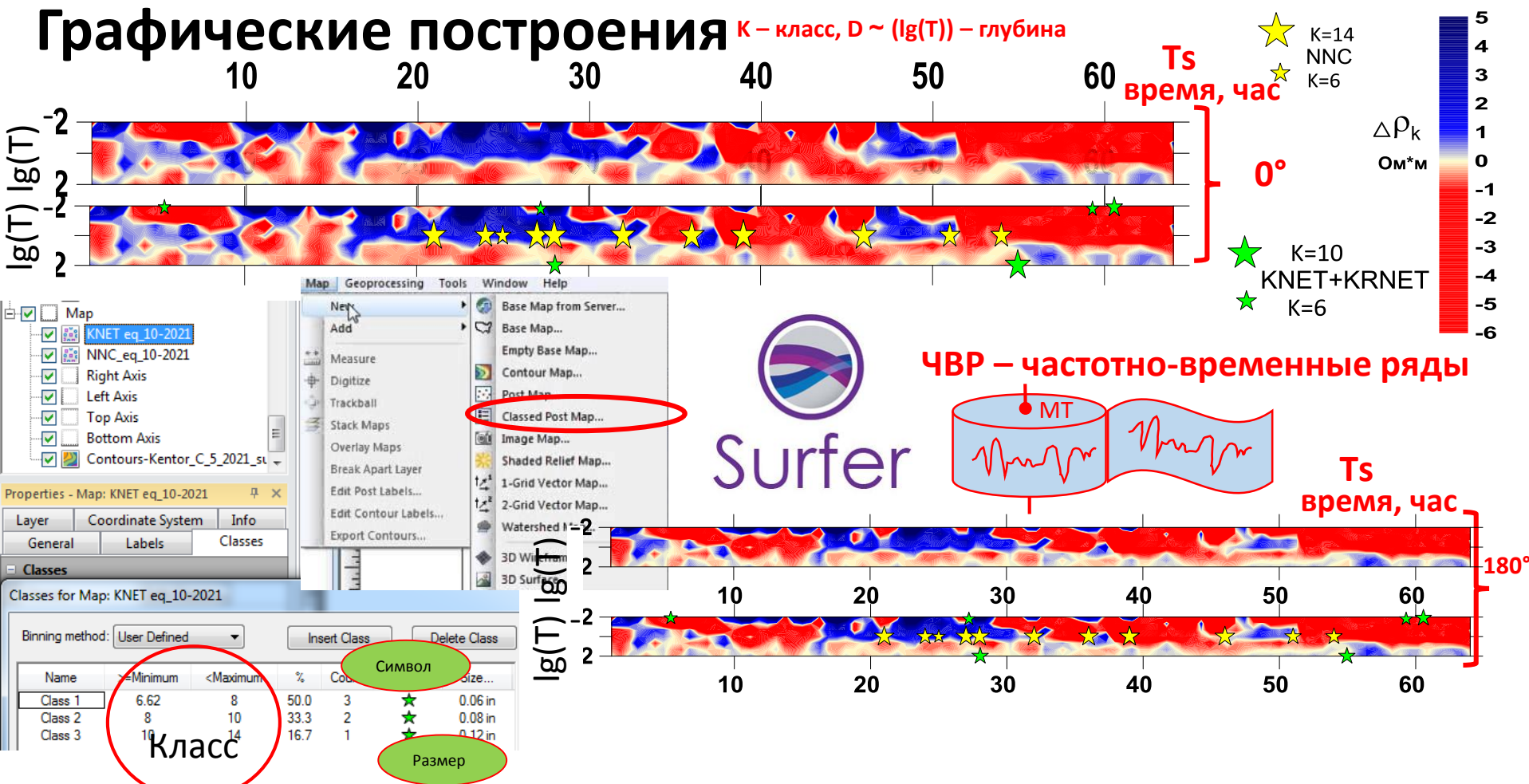
Copyright © 1993-2019, Golden Software, LLC

System Info OK



# Графические построения

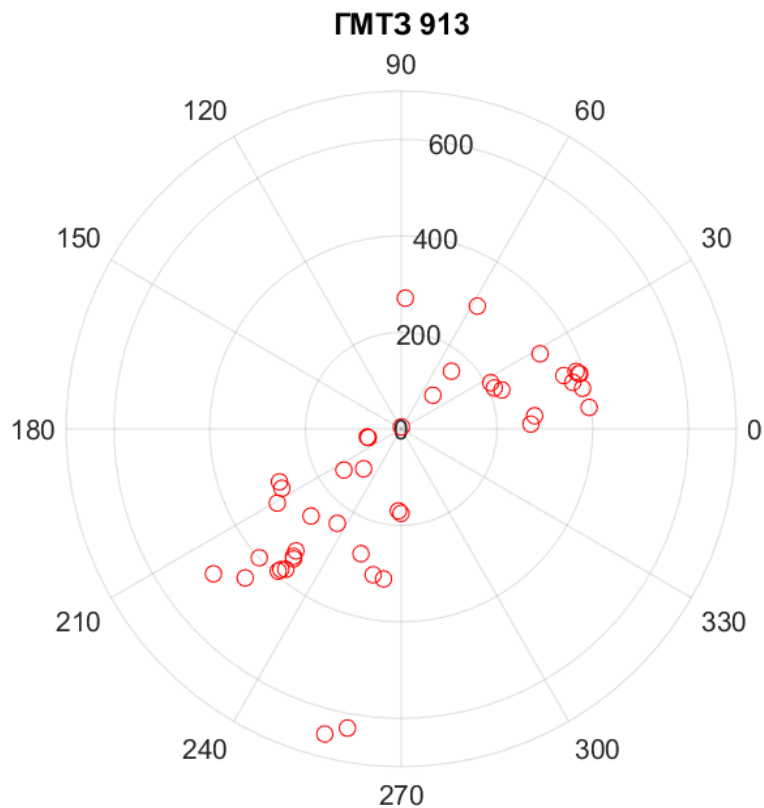
$K$  – класс,  $D \sim (\lg(T))$  – глубина



Для построения псевдоразрезов используется команда построения карты 'map' => 'contour map', где по оси X отложено время наблюдений с шагом 1 час, а по оси Y – логарифм периода зондирования (от -2 с до 2). По оси Z на плоскости цветом обозначены вариации значений электромагнитных параметров. Каждый псевдоразрез соответствует определенному углу поворота системы (с шагом  $15^\circ$ ). В данном исследовании предлагается также дополнять псевдоразрезы глубиной очага ( $D$ ) и расстоянием между очагом и пунктом наблюдений ( $R$ ) с учетом расчетного времени относительно начала записи ( $T_s = T_0 - T_{MT}$ ) и азимутом. Для совместного отображения гипоцентров сейсмических событий на псевдоразрезах их глубина ( $D$ ) преобразуется в параметр эффективной глубины ( $lg(T)$ ), связанный с периодом ( $T$ ) MT зондирования.

# Параметры землетрясений: относительные координаты

Развитие методики практического сопоставления результатов азимутального МТ мониторинга с указанием параметров сейсмических событий связано с временной динамикой измеряемых параметров



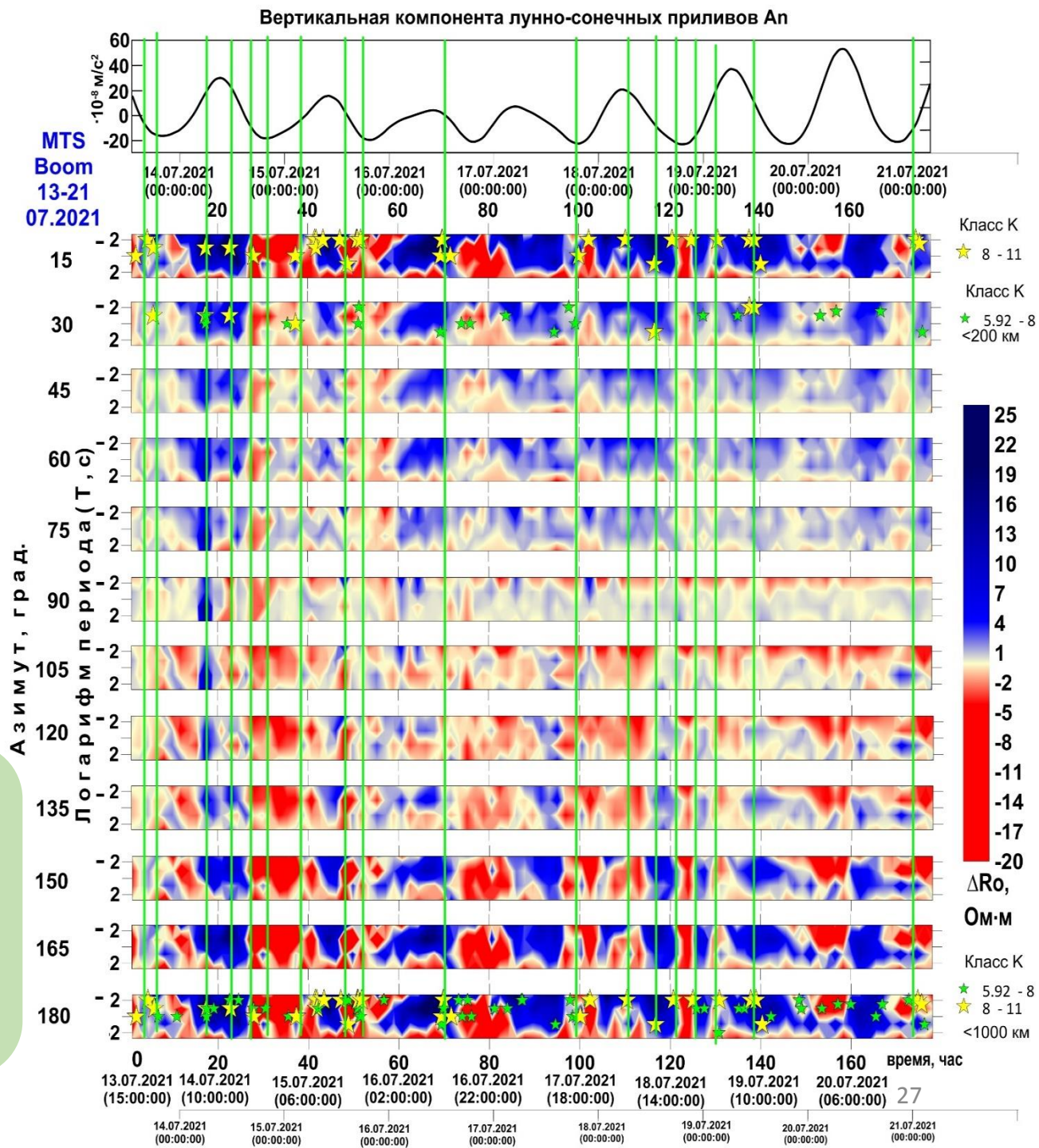
Пространственное расположение эпицентров землетрясений относительно пункта ГМТЗ 913 (13.08.2018-16.08.2018) [Матюков В.Е., Непеина К.С. Анализ вариаций геофизических параметров и сейсмических событий в пункте глубинного магнитотеллурического зондирования // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2021. – Т. 1. – С. 144-150. – <https://doi.org/10.33764/2618-981X-2021-1-144-150>]

$T_0$ дд.мм.гггг чч:мм:сс.0	$\lambda^\circ$	$\phi^\circ$	D, км	K	$T_s$ , час	R, км	$Az^\circ$
22.10.2021 14:20:16.1	42.563	76.076	3.54	6.97	5.337778	143	15
23.10.2021 13:02:33.0	43.291	75.067	14.39	8.2	28.0425	75	200 <sub>26</sub>

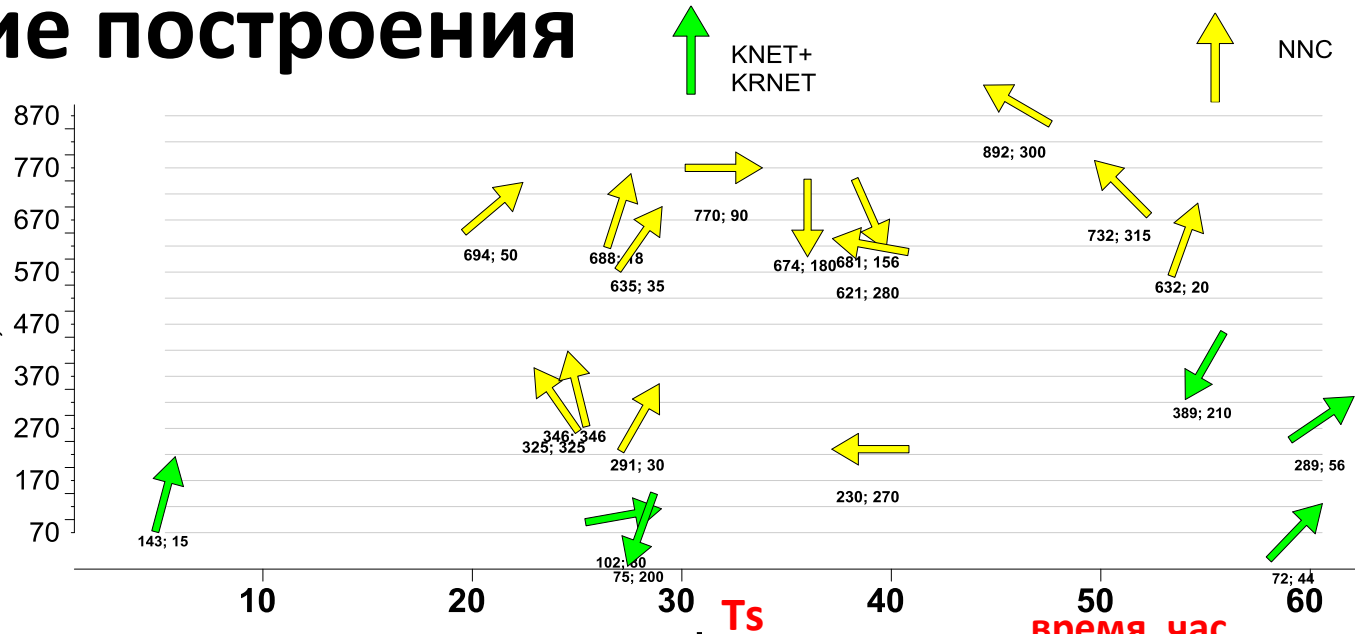
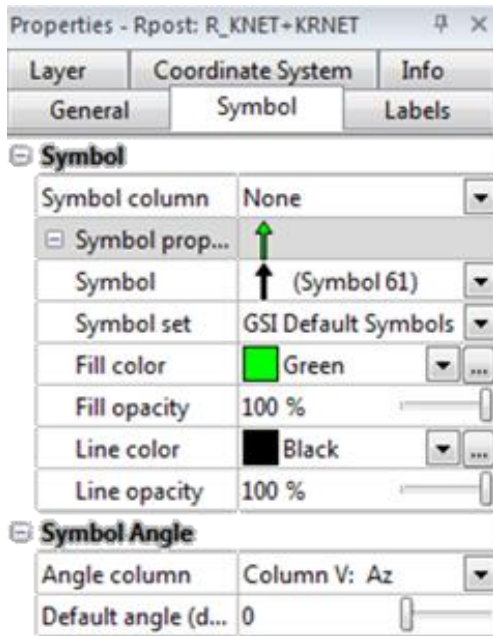
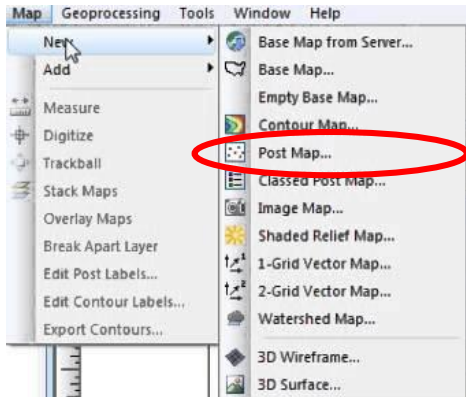
# Азимутальная анизотропия

Результаты азимутального МТ мониторинга на режимном пункте *Боом* (13.07.2021-21.07.2021):  
сверху - вертикальная компонента лунно-солнечных приливов  $A_p$ ,  
снизу - псевдоразрезы с шагом поворота  $15^\circ$  (ЧВР Дрк).  
Сейсмические каталоги: Киргизии (KNET+KRNЕT) и Казахстана (NNC).

Частотно-временные ряды магнитотеллурического зондирования



# Графические построения



Графическое изображение удаленности очагов сейсмических событий и их относительное пространственное расположение. Сейсмические каталоги: Киргизии (KNET+KRNET) и Казахстана (NNC).

**R – расстояние/удаленность, Az – азимут между событием и точкой МТ мониторинга**

**\* В таблице данных для построений азимут записан с обратным знаком**

R km	Az	R;Az
143.6863	-15	143; 15
102.87	-80	102; 80
75.50586	-200	75; 200

## ВАРИАЦИИ КАЖУЩЕГОСЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД КАК ИНДИКАТОР НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ

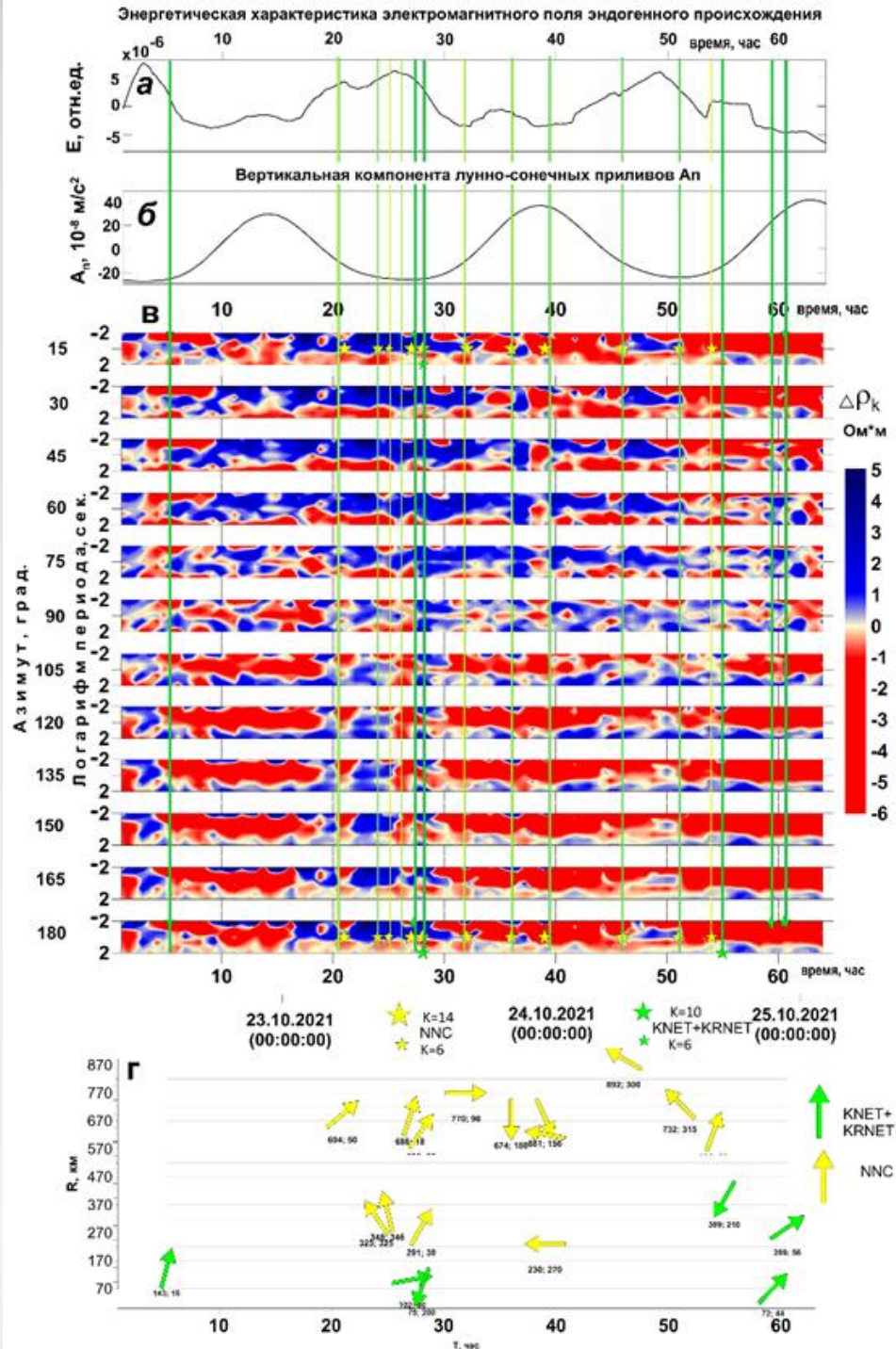
© 2014 г. Е.А. Баталёва, А.К. Рыбин, В.Ю. Баталёв

Научная станция РАН в Бишкеке, г. Бишкек, Киргизия — ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, 2014, том 15, № 4, с.54-63

Вид окна настроек программы Surfer. Раздел ('Properties' для 'Post map'), где показаны свойства и тип отображения стрелок на графике

При анализе взаимосвязи частотно-временных рядов по данным станции Ак-Суу и сейсмических событий была обнаружена группа землетрясений, эпицентры которых находятся в азимутальном направлении ~57° к восток–северо-востоку от станции (хребет Кендыктас и прилегающая часть Чуйской впадины). Эта группа сейсмических событий проявляется в вариациях кажущегося сопротивления в виде интенсивных аномалий на частотно-временных рядах по азимутам 160°–180°.

Пример результатов азимутального MT мониторинга с приведенными параметрами сейсмических событий, произошедших в период наблюдений (22.10.2021-25.10.2021): (а) эндогенная характеристика электромагнитного поля, (б) вертикальная компонента лунно-солнечных приливов  $A_p$ , (в) псевдоразрезы с шагом поворота  $15^\circ$  (ЧВР  $\Delta\rho_k$ ), (г) графическое изображение удаленности очагов сейсмических событий и их относительное пространственное расположение. Сейсмические каталоги: Киргизии (KNET+KRNET) и Казахстана (NNC).



Программа *MTDataVar* предназначена для расчета вариаций мониторинговых магнитотеллурических данных. Программа представляет собой сервисный программный комплекс, позволяющий определять изменения кажущихся электрических сопротивлений ( $\rho_{xy}$  и  $\rho_{yx}$ ) и фаз магнитотеллурических импедансов ( $Arg Z_{xy}$ ) и ( $Arg Z_{yx}$ ) во времени для заданного диапазона периодов, а также рассчитывать линейную корреляцию этих электромагнитных параметров с различными компонентами лунно-солнечных твердых приливов.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2023686394

«Программа *MTDataVar* расчета вариаций мониторинговых магнитотеллурических данных»

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке (НС РАН) (KG)*

Авторы: *Забинякова Ольга Борисовна (KG), Рыбин Анатолий Кузьмич (RU)*

Заявка № 2023685832

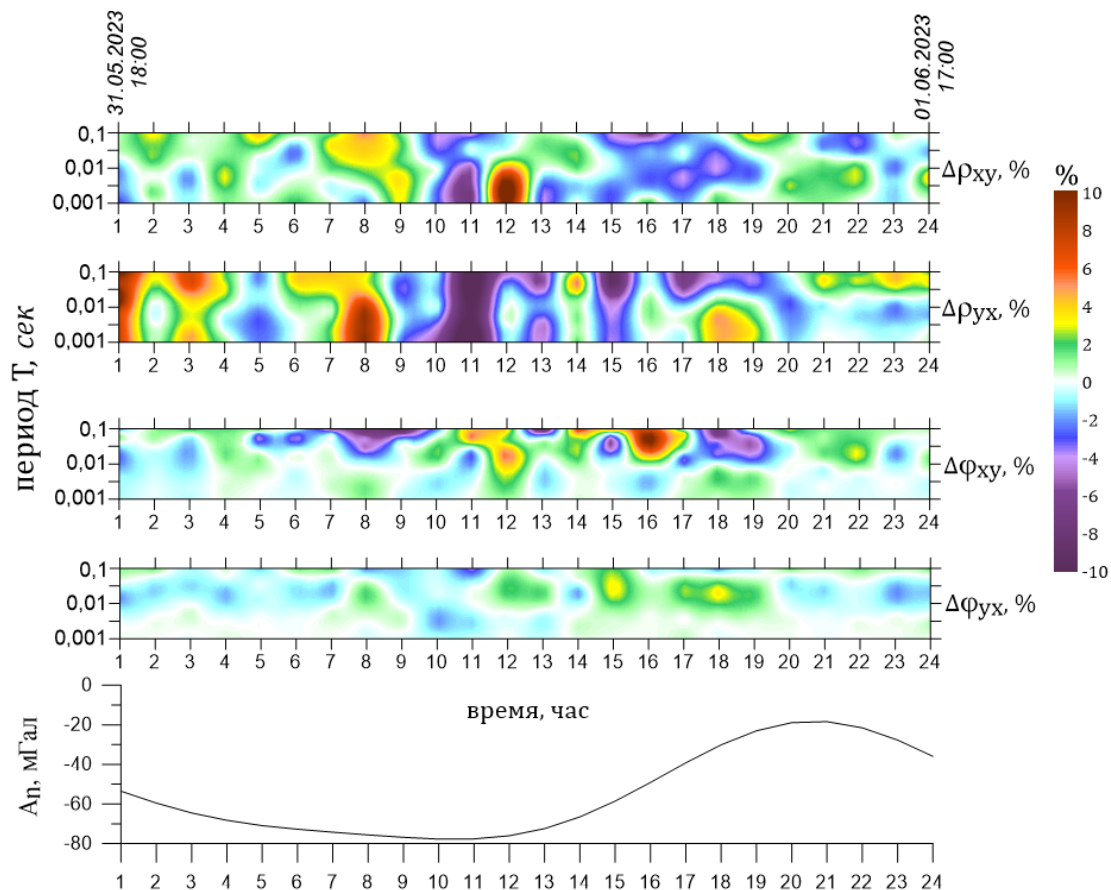
Дата поступления 28 ноября 2023 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 06 декабря 2023 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов



Сопоставление относительных вариаций магнитотеллурических параметров (полученных по записям аудиоманнитотеллурических зондирований (АМТЗ)) с компонентами приливообразующего ускорения для пункта в мониторинговом пункте АМТЗ «Орто-Сай N2».

# Выводы

Пример использования сети пунктов наземных геоэлектрических исследований на основе азимутального МТ мониторинга, спроектированной специалистами НС РАН, подтверждает возможность отслеживания реакции среды на возмущение напряженно-деформированного состояния среды по экспериментальным данным.

По результатам анализа частотно-временных рядов вариаций электромагнитных параметров можно отчетливо выделить их контрастные изменения на некоторых временных отрезках, которым находится объяснение при наличии соответствующих факторов, например, глубинности сейсмических событий или их удаленности.

Таким образом, можно **выделить основные типы связей смены знака вариаций:**

1) глубина гипоцентра влияет на проявление вариаций в нижней/верхней части псевдореза (по глубине) в зависимости от азимута поворота; 2) класс землетрясения влияет на продолжительность изменения  $\Delta r_k$  (во времени); 3) землетрясения, расположенные под определенным азимутом между направлением на север и на эпицентр, вне зависимости от удаленности, влияют на смену знака вариаций (что было доказано на пример пункта Аксуу для угла  $57^\circ$  [4]); 4) влияние лунно-солнечных приливов на порово-трещинное пространство обуславливает смену знака вариаций; 5) изменения в поведении ЧВР зачастую приурочены к экстремумам лунно-солнечных приливов.



# Спасибо за внимание

Работа ведется в рамках выполнения государственного задания ИС РАН на 2024 г. по теме  
1021052806445-4-1.5.1.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ РОССИЙСКОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК В Г. БИШКЕКЕ (НС РАН)

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
(ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ)



## Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов

IX Международный симпозиум  
24-28 июня 2024 г.

мероприятие приурочено к празднованию 300-летия Российской академии наук

ПЕРВЫЙ ЦИРКУЛЯР

### ЦЕЛЬ СИМПОЗИУМА:

обсуждение состояния проблем и результатов исследования геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов, включая вопросы о механизмах формирования структуры литосферы, разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли, социально-экономических и экологических последствиях эндогенных и экзогенных катастрофических процессов.

### РАБОЧИЕ ЯЗЫКИ

русский и английский

### РЕЖИМ РАБОТЫ СИМПОЗИУМА

гибридный (вживую и онлайн)

### ОРГАНИЗАТОРЫ

- Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке (НС РАН)
- Отделение наук о Земле Российской академии наук (ОНЗ РАН)

### МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ СИМПОЗИУМА

Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке, Киргизия



### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН СИМПОЗИУМА

Прием заявок и тезисов – до **15 апреля 2024 г.**  
Рассылка второго циркуляра с примерной программой – до **1 июня 2024 г.**  
Рабочие дни Симпозиума – **24–28 июня 2024 г.**

### РЕГИСТРАЦИЯ

Заявки на участие в Симпозиуме и тезисы докладов присылать по электронной почте **ns\_ran@mail.ru до 15 апреля 2024 года.** Регистрационная форма и требования к оформлению тезисов докладов прилагаются.

### АДРЕСА ДЛЯ СВЯЗИ:

*Забиякова Ольга Борисовна* –  
ученый секретарь НС РАН  
e-mail: [ns\\_ran@mail.ru](mailto:ns_ran@mail.ru)  
Адрес: Научная станция РАН, Бишкек-49,  
720049, Киргизия  
Факс: 996 (312) 61-14-59,  
Телефон: 996 (312) 61-31-40

Вся дополнительная информация о мероприятии будет сообщена всем, проявившим заинтересованность в участии в Симпозиуме, а также будет опубликована на сайте Научной станции РАН:

[www.gdirc.ru](http://www.gdirc.ru); [www.gdirc.kg](http://www.gdirc.kg)



**Трапезников Ю.А., Андреева Е.В., Баталев В.Ю., Бердичевский М.Н., Ваньян Л.Л., Волыхин А.М., Голубцова Н.С., Рыбин А.К.** Магнитотеллурические зондирования в горах Киргизского Тянь-Шаня // *Физика Земли*. 1997. № 1. С. 3-20.

**Зубович А.В., Трапезников Ю.А., Брагин В.Д., Мосиенко О.И. Щелочков Г.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю.** Поле деформации, глубинное строение земной коры и пространственное распределение сейсмичности Тянь-Шаня // *Геология и геофизика*. 2001. Т.42. №10.С.1634-1640.

**Баталева Е.А., Баталев В.Ю., Рыбин А.К.** К вопросу о взаимосвязи вариаций электропроводности земной коры и геодинамических процессов // *Физика Земли*. 2013. № 3. С.105-113.

**Баталева Е.А., Рыбин А.К., Баталев В.Ю.** Вариации кажущегося сопротивления горных пород как индикатор напряженного состояния среды // *Геофизические исследования*. 2014. Т.15. №.4. С.54-63.

**Баталева Е.А., Баталев В.Ю., Рыбин А.К.** Взаимосвязь аномалий электропроводности, скоростных характеристик и режима сейсмичности литосферы Центрального Тянь-Шаня // *Литосфера*. 2015. № 5. С. 81-89.

**Баталева Е.А.** Корреляционные зависимости электромагнитных и деформационных параметров // *Докл. АН*. 2016. Т.468 № 3 С. 319–322.

**Баталева Е.А., Мухамадеева В.А.** Комплексный электромагнитный мониторинг геодинамических процессов Северного Тянь-Шаня (Бишкекский геодинамический полигон) // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2018. № 2. С.461-487.

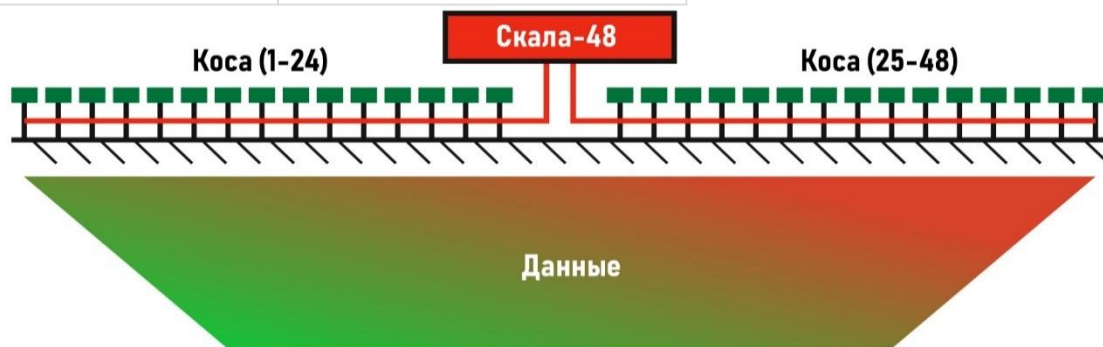
**Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Рыбин А.К.** Изучение необратимых деформаций в литосфере Тянь-Шаня по магнитотеллурическим данным (методологический аспект) // *Вестник КРАУНЦ*. 2019. №2.

**Рыбин А. К., Баталева Е. А., Александров П.Н., Непеина К.С.** Электромагнитные исследования современных геодинамических процессов литосферы областей внутриконтинентальной орогении, на примере Тянь-Шаня // *Физика Земли*. 2022. Т. 68. № 5. С. 98-115.

## Скала - 48

### ERT - Electric Resistivity Tomography method

Number of electrodes	48
External power	12 V
Internal battery	12 B, 7 Ah
Sensor display	5", 240 x 128
Inner memory up to	2 Gb
PC connection	USB 2.0
Operating temperature	-20 ÷ +40 °C
Dimensions	420 x 340 x 230 mm
Weight	11 kg
Receiver	
Number of measurement channels	1
Input resistance	10 MOhm
Bandwidth	20 Hz
The range of measured voltages	±0,1 mV ÷ ±250 V
Industrial frequency interference mitigation 50,60 Hz	65 dB
Voltage measurement accuracy	1 %
ADC	24 bit
Overvoltage protection to	1 kV
Transmitter	
Operating frequencies	3,33, 0,86, 0,78, 0,74, 0,69, 0,66, 0,60 Hz
Output current	1 ÷ 2000 mA
Maximum power	200 W
Current measurement accuracy	1 %
Maximum voltage	500 V



$$\rho_k = K \frac{\Delta U_{MN}}{I_{AB}},$$

where  $\Delta U_{MN}$  is the measuring potential difference between the receiving electrodes M and N,  $I_{AB}$  is the current in the supply line, and K is the geometric coefficient of the installation.