

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»  
(СГУГиТ)

XIII Международные научный конгресс и выставка

## ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2017

Международная научная конференция

**НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ. ГОРНОЕ ДЕЛО.  
НАПРАВЛЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПОИСКА,  
РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. ЭКОНОМИКА.  
ГЕОЭКОЛОГИЯ**

Т. 3

Сборник материалов

Новосибирск  
СГУГиТ  
2017

Ответственные за выпуск:

Доктор технических наук, академик РАН,  
директор Института нефтегазовой геологии и геофизики  
им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск

*М. И. Энов*

Доктор геолого-минералогических наук, академик РАН, председатель Президиума  
Кемеровского научного центра СО РАН, Кемерово; научный руководитель Института  
нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск

*А. Э. Конторович*

Кандидат технических наук, директор Института горного дела  
им. Н. А. Чинакала СО РАН, Новосибирск

*А. С. Кондратенко*

Кандидат геолого-минералогических наук,  
генеральный директор АО «СНИИГГиМС», Новосибирск

*А. С. Ефимов*

Начальник департамента по недропользованию по Сибирскому федеральному  
округу Федерального агентства по недропользованию «Роснедра», Новосибирск

*А. И. Неволько*

С26 Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр., 17–21 апреля  
2017 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное  
дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторожде-  
ний полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология» : сб. материалов в 4 т.  
Т. 3. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 239 с.

ISBN 978-5-906948-28-1 (т. 3)

ISBN 978-5-906948-25-0

ISBN 978-5-906948-11-3

В сборнике опубликованы материалы XIII Международного научного конгресса  
«Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017», представленные на Международной научной конферен-  
ции «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и раз-  
работки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология».

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

Материалы публикуются в авторской редакции

УДК 622

ISBN 978-5-906948-28-1 (т. 3)

ISBN 978-5-906948-25-0

ISBN 978-5-906948-11-3

© СГУГиТ, 2017

## **ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ МОНИТОРИНГ МЕТОДОМ МТЗ В ЭПИЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ ЧУЙСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ**

***Владимир Владимирович Потанов***

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)330-41-22, e-mail: potapovvv@ipgg.sbras.ru

***Елена Валентиновна Поспеева***

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, тел. (383)330-41-22, e-mail: pospeeveav@ipgg.sbras.ru

Электромагнитный мониторинг методом МТЗ (магнитотеллурические зондирования) позволяет увидеть различия в поведении кривых кажущегося сопротивления и геоэлектрических моделях, полученных в разные годы инструментальных наблюдений. Эти различия довольно существенны и, вероятно, связаны с изменением сейсмической активности изученной территории.

**Ключевые слова:** магнитотеллурические зондирования, мониторинг, Горный Алтай, геоэлектрический разрез, сейсмическая активность, разлом.

## **ELECTROMAGNETIC MONITORING BY METHOD OF MTS IN THE EPICENTRAL ZONE OF CHUISKOE EARTHQUAKE**

***Vladimir V. Potapov***

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Ph. D., Senior Researcher, tel. (383)330-41-22, e-mail: potapovvv@ipgg.sbras.ru

***Elena V. Pospeeva***

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, D. Sc., Leading Researcher, tel. (383)330-41-22, e-mail: pospeeveav@ipgg.sbras.ru

Electromagnetic monitoring by MTS (magnetotelluric sounding) method allows to see differences in behavior of apparent resistance curves and geoelectric models obtained in different years of instrumental observations. These differences are quite significant and are probably related to changes in seismic activity of the studied territory.

**Key words:** Magnetotelluric sounding, monitoring, Mountain Altai, geoelectric section, seismic activity, deep fault.

Современные представления о геодинамических процессах, происходящих в недрах Земли при подготовке землетрясения, дают основание полагать, что эти процессы отражаются в данных электромагнитных зондирований с искусственным и естественным источниками. Среди методов, позволяющих получать информацию о глубинном строении Земли, одно из ведущих мест занимает магнитотеллурическое зондирование (МТЗ), основным результатом интерпретации данных которого является выявление пространственного распределения

глубинной электропроводности, отражающего термодинамические условия в земной коре и верхней мантии. В настоящее время уже накоплен достаточно большой опыт прогностических режимных магнитотеллурических наблюдений для исследования геодинамических процессов, происходящих в тектоносфере Земли перед землетрясением и во время него [2, 5, 7, 8]. В результате проведенных исследований установлена взаимосвязь между процессами, происходящими в зонах землетрясений, и разноранговыми проводящими геоэлектрическими неоднородностями, расположенными в земной коре и верхней мантии. Суммирование полученных результатов позволяет сделать вывод об особенностях расположения очагов коровых землетрясений относительно корового проводящего слоя. Очаги землетрясений локализуются преимущественно над проводящим слоем или в его верхних частях, в местах, где отмечены перепады глубин кровли слоя и увеличение его суммарной электропроводности [1, 3, 7]. Эти данные согласуются с метаморфогенной моделью сейсмоактивной зоны, предложенной И.Г. Киссиным [4]. Согласно этой модели, метаморфическая реакция дегидратации в одном из блоков земной коры приводит к появлению дополнительных напряжений в разломной зоне, отделяющей этот блок от соседнего блока, где такой процесс не имел места. Повышенное поровое давление (близкое к литостатическому) приводит к гидроразрыву и впрыскиванию высоконапорного флюида в разломную зону, что и служит пусковым механизмом для возникновения землетрясения.

При изучении геодинамических процессов с помощью электромагнитного поля Земли существуют два подхода: выявление изменений электрических свойств геологической среды и структуры вариаций электрического и магнитного полей. Электромагнитный мониторинг методом МТЗ на территории Горного Алтая проводится в течение 10 лет и базируется на реализации первого подхода. Наблюдения проводились в четырех пунктах, расположенных в эпицентральной зоне Чуйского землетрясения (рис. 1).

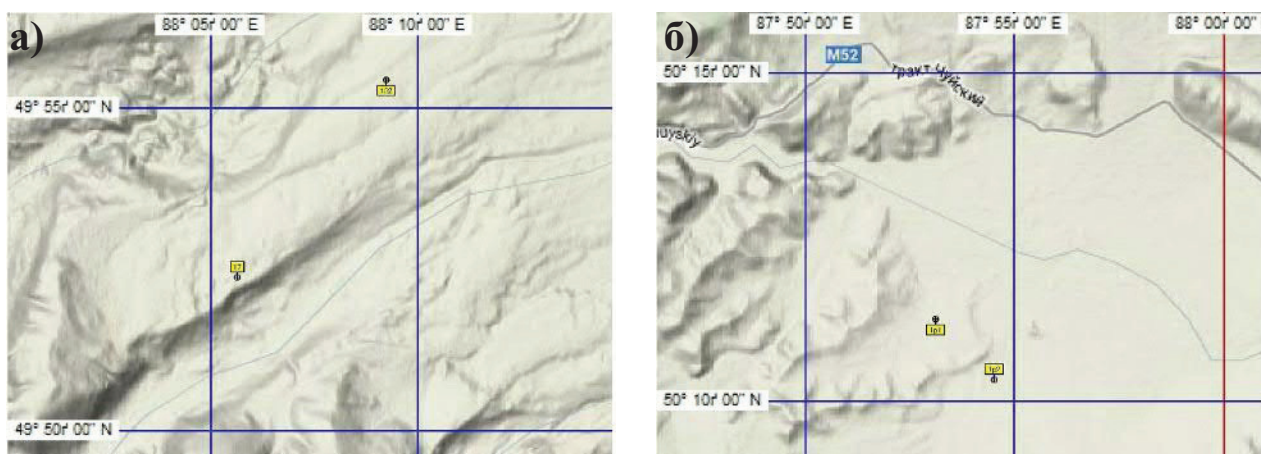


Рис. 1. Расположение пунктов электромагнитного мониторинга методом МТЗ: а) в Чуйской степи – 102 и 17; б) в Курайской степи – 1Р1 и 1Р2

Работы МТЗ выполнялись аппаратурой пятого поколения канадской фирмы «Phoenix Geophysics Ltd» в диапазоне периодов 0.003–10000 с. Использовались измерительные модули MTU-5, позволяющие регистрировать пять компонент ( $E_x$ ,  $E_y$ ,  $H_x$ ,  $H_y$ ,  $H_z$ ) магнитотеллурического поля (МТ-поля). Применялась крестообразная установка с длиной электрических диполей 100 м. Запись компонент МТ-поля осуществлялась в течение 22–24 часов. Для обработки полевых данных использовалось программное обеспечение «Phoenix Geophysics», 1D- и 2D-инверсия экспериментальных данных осуществлялась с помощью программного комплекса «WinGLink» [6].

Анализ поведения кривых кажущегося сопротивления и параметров геоэлектрического разреза проводился относительно кривой, полученной в результате осреднения, кривых, зарегистрированных за весь период инструментальных наблюдений, методом медианы. Анализировались амплитудные и фазовые кривые, развернутые вдоль и в крест простирания северо-западной региональной структуры Горного Алтая. Из проведенного анализа следует, что наименьшим отклонением (2 %) от среднего уровня характеризуются кривые, полученные в пункте зондирования 1P1 (рис. 2, а). Оно возрастает до 5 % в интервале S1 за счет значительных вариаций уровня кривых кажущегося сопротивления (от 12 до 30 Ом·м). Отклонение кривых от среднего в пункте 1P2 в целом составляет 5 %, за исключение кривых, зарегистрированных в 2010 и 2012 годах, где оно составляет более 20 % (рис. 2, б).

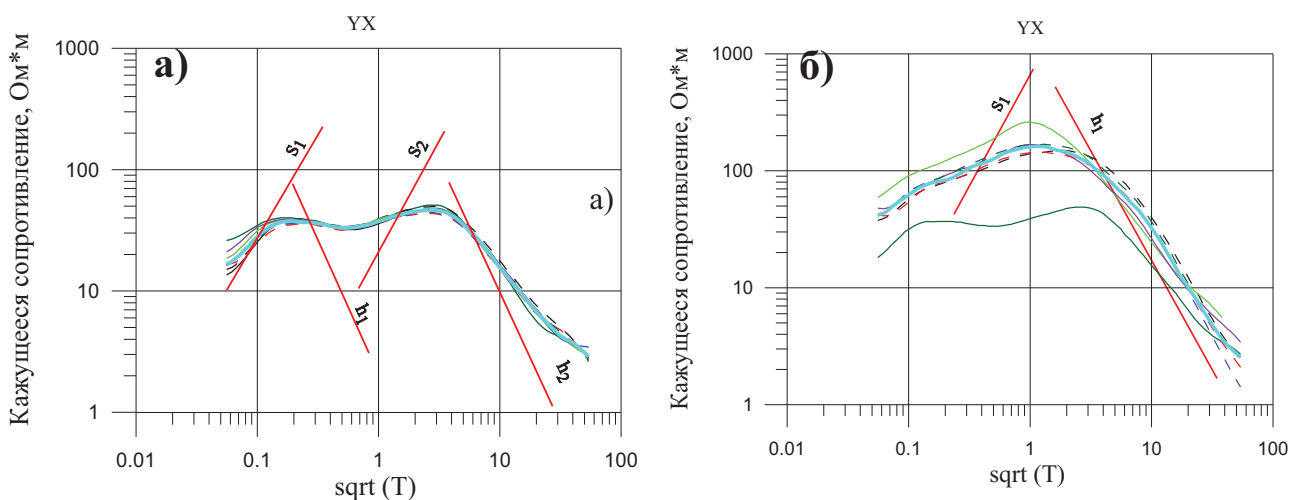


Рис. 2. Кривые кажущегося сопротивления на пунктах наблюдения МТЗ: а) 1P1; б) 1P2

Несколько иная ситуация наблюдается в пункте 102 (рис. 3, а). Здесь кривые, зарегистрированные за весь период наблюдений, можно разделить на две группы. Первая объединяет кривые, полученные в течении 2009–2011 гг., вторая – 2007, 2008, 2012–2016 гг. Отклонение первой группы кривых от средней составляет порядка 30 %, второй – 5 %. Пункт 17 располагается в активизированном участке регионального разлома северо-восточного простирания. Глу-

бинные флюидонасыщенные разломы являются благоприятными объектами для мониторинга, поскольку изменения качественного состава флюидов находят отражения в поведении кривых кажущегося сопротивления и, как следствие, в изменении параметров геоэлектрического разреза. Есть основания полагать, что геодинамические процессы и, в частности, формирование очага землетрясения сопровождаются активным трещинообразованием, резким изменением поровой структуры горных пород и перераспределением насыщающих горные породы водных растворов, вследствие чего изменяется удельное сопротивление затронутых тектоническими процессами массивов горных пород [4]. В пункте 17 отмечается самый высокий уровень расхождения наблюдаемых и средней кривых, достигающий 40 %. При этом самым высоким и самым низким уровнем характеризуются кривые, зарегистрированные в 2012 и 2016 годах соответственно (рис. 3, б).

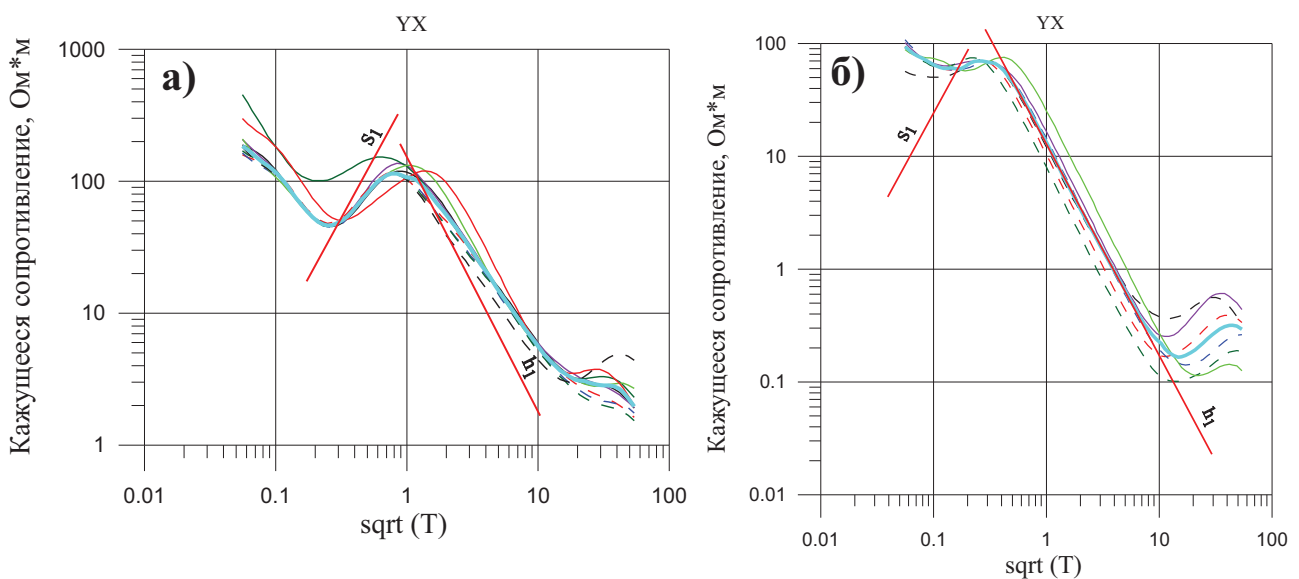


Рис. 3. Кривые кажущегося сопротивления на пунктах наблюдения МТЗ:  
а) 102; б) 17

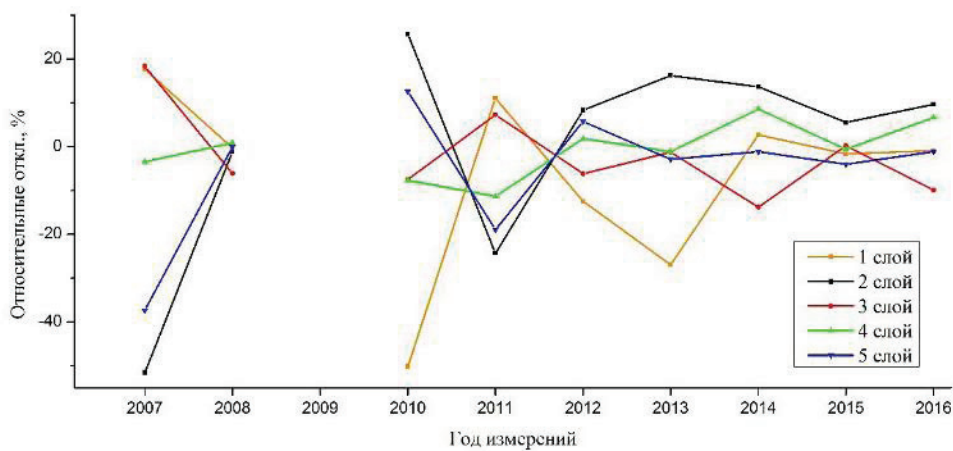


Рис. 4. Относительные отклонения кажущихся сопротивлений в различных слоях геоэлектрической модели в пункте 1P1

Значительные вариации уровня кривых кажущегося сопротивления обуславливают различия определяемых параметров геоэлектрического разреза (удельного сопротивления и мощности). Так, например, в пункте 1Р1 отмечаются значительные вариации значений удельного сопротивления в интервале S1, тогда как в интервалах S2, h1 и h2 они находятся в пределах доверительного интервала (рис. 4). Аналогичная ситуация наблюдается в пункте 102.

## Выводы

1. Электромагнитный мониторинг методом МТЗ позволяет увидеть различия в поведении кривых кажущегося сопротивления и геоэлектрических моделях, полученных в разные годы инструментальных наблюдений. Эти различия довольно существенны и, вероятно, связаны с изменением сейсмической активности изученной территории.

2. Разработана методика анализа поведения кривых кажущегося сопротивления и параметров геоэлектрического разреза, на основе которой будут проводиться дальнейшие исследования.

3. Необходимо продолжать проведение электромагнитного мониторинга методом МТЗ в эпицентральной зоне Чуйского землетрясения по расширенной сети наблюдений с целью изучения связи параметров геоэлектрического разреза с сейсмической активностью.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брыксин А.В. Хлестов В.В. Природа внутрикорового волновода в континентальных рифтовых зонах и областях современной активизации // Геология и геофизика. – 1980. – № 8. – С. 87–95.
2. Глубинное строение западной части зоны Таласо-Ферганского разлома по результатам магнитотеллурических зондирований / В.Ю. Баталев, Е.В. Баталева, В.Е. Матюков, А.К. Рыбин // Литосфера. – 2013. – № 4. – С. 136–145.
3. Грачев А.Ф. Южно-Каспийская впадина // Новейшая тектоника, геодинамика и сейсмичность Северной Евразии. – М.: Пробел, 2000. – С. 217–224.
4. Киссин И.Г. Флюиды в земной коре. Геофизические и тектонические аспекты. – М.: Наука, 2009. – 327 с.
5. Мороз Ю.Ф., Смирнов С.Э., Мороз Т.А. Результаты мониторинга вариаций геомагнитного поля на Камчатке // Физика Земли. – 2006. – № 3. – С. 49–56.
6. Поспеева Е.В. Методическое пособие по применению магнитотеллурических зондирований при среднемасштабных алмазопоисковых работах. – Мирный, 2006. – 75 с.
7. Применение нейросетевого подхода для анализа корреляции магнитотеллурических параметров с сейсмической активностью региона Северного Тянь-Шаня. Прогноз землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмического риска Центральной Азии / В.Е. Матюков, В.В. Спичак, А.К. Рыбин и др. // 7-й казахско-китайского межд. симп.: тезисы. – Алматы, 2010. – 47 с.
8. Magnetotelluric monitoring experiment at the Northern Tien Shan seismogenic zone / A. Rybin, V. Batalev, E. Bataleva, V. Matukov // 11th Scientific Assembly IAGA. Sopron (Hungary), August 23–30, 2009. – Abstracts-CD-106-TUE-P1700-0600.

© В. В. Потанов, Е. В. Поспеева, 2017