

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОНИТОРИНГА В ЭПИЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ ЧУЙСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2003 ГОДА В ГОРНОМ АЛТАЕ.

Неведрова Н. Н., Шалагинов А.Е.

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН

В статье представлены результаты электромагнитного мониторинга, выполненного в эпицентральной зоне разрушительного Чуйского землетрясения 2003 г. На основании интерпретации полевых данных за 2004-2012 гг. получены вариации геоэлектрических параметров (удельного сопротивления и коэффициента анизотропии) разреза после сильного сейсмического воздействия. Показано, что временные изменения электропроводности и коэффициента анизотропии характеризуют продолжающийся афтершоковый процесс, текущую сейсмичность и отображают процесс восстановления геологической среды после разрушительного события

Ключевые слова: электромагнитные зондирования становлением поля, Чуйское землетрясение, вариации электропроводности, коэффициент анизотропии.

В настоящее время, на территории Чуйской впадины продолжаются исследования различными геофизическими методами, включая электромагнитный комплекс, с целью изучения последствий разрушительного Чуйского землетрясения 2003 года. Основной задачей этой работы является определение геоэлектрических параметров разреза и анализ их вариаций на двух участках Чуйской впадины.

В районе пос. Мухор-Тархата (центральная часть впадины) начиная с 2007 г. группой электромагнитного мониторинга Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН проводятся регулярные наблюдения методом становления электромагнитного поля (ЗС) с использованием индукционных, гальванических и комбинированных установок (рис.1).

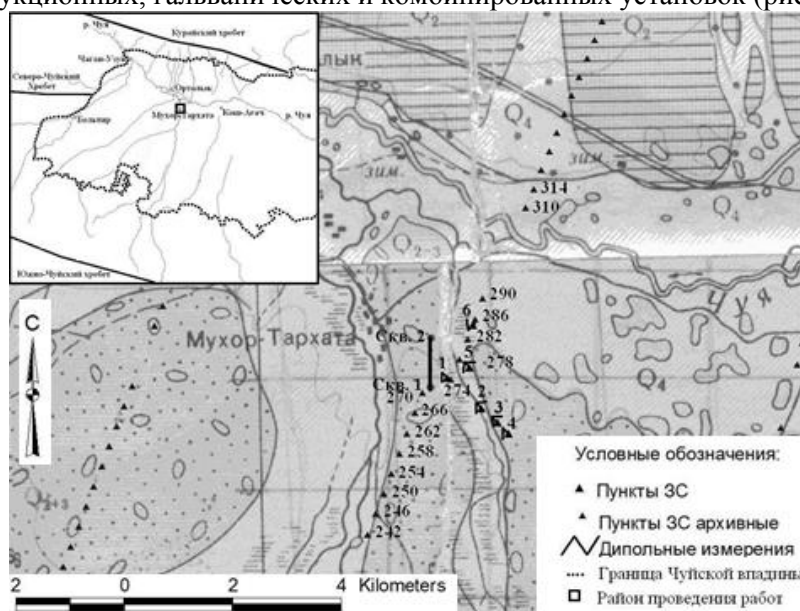


Рис. 1. Схема комплексных измерений ЗС на участке Мухор-Тархата.

По данным установок с гальваническим возбуждением и приемом сигнала (AB-MN) возможно определение не только электропроводности разреза, но также электрической анизотропии. Интерпретация полевых данных ЗС для установок Q,q и AB-q была выполнена в интерактивных программных комплексах моделирования и инверсии ("Эра", EMS) с использованием горизонтально слоистой модели [1]. Данные установок AB-MN проинтерпретированы с использованием новой программы Rubai [2]. В процессе интерпретации была привлечена вся имеющаяся априорная геологическая, гидрологическая и геофизическая информация [3].

На первом этапе интерпретации рассмотрены данные ЗС с установками Q-q и АВ-q, и полученные для них модели. Интерпретация данных с установкой АВ-MN проведена после того как определена геоэлектрическая модель участка исследования. Вначале интерпретация осуществлялась с использованием обоснованной изотропной модели, а затем была введена модель с анизотропией электропроводности. Пример интерпретации данных ЗС 3 показан на рис. 2 в (программный комплекс Rubai).

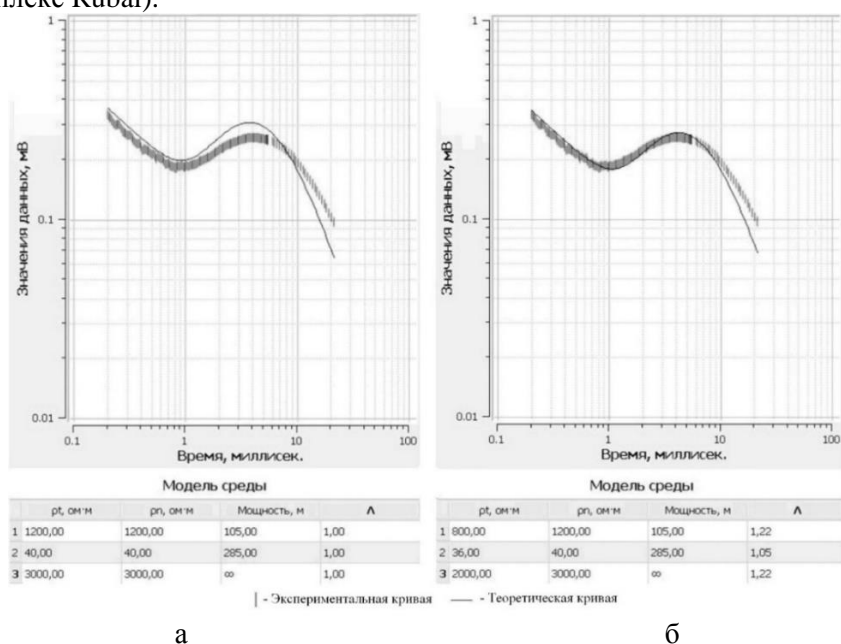


Рис. 2. Интерпретация данных ЗС 3 с установкой АВ-MN, а – изотропная модель, б – анизотропная модель.

В результате обработки всего объема полевого материала за 2007-2012 гг. были получены геоэлектрические характеристики разреза – удельное сопротивление и параметр электрической анизотропии (λ) для каждого слоя. Анализ вариаций УЭС за разные годы показал существенное отличие значений (до 80%) до и после землетрясения, разрез в настоящее время стал более высокоомным на всем участке исследования.

Вариации коэффициента анизотропии в афтершоковый период Чуйского землетрясения существенно превышают величины вариаций УЭС. Вариации λ для верхнего и опорного горизонтов разреза достигают 100 и более процентов

Наиболее вероятная причина анизотропии геологического массива в тектонической впадине связана с развитием трещиноватости в верхней части земной коры под воздействием происходящих сейсмических событий [4]. Анализ сейсмологических данных за последнее десятилетие позволил установить, что афтершоковый процесс продолжается, и число землетрясений пока превышает фоновый уровень, наблюдавшийся до Чуйского события. Были построены графики зависимости величины коэффициента анизотропии от параметра, характеризующего текущую сейсмичность (рис.3).

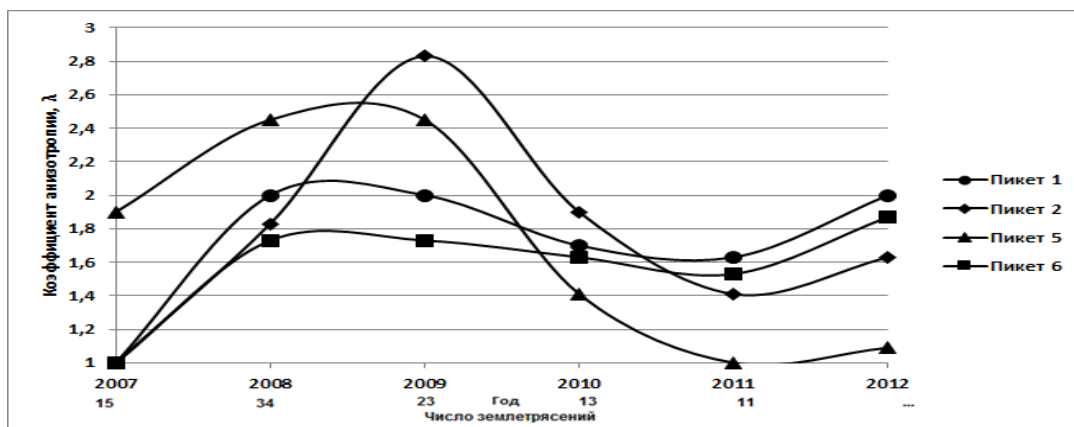


Рис.3. Зависимость значений коэффициента анизотропии от количества землетрясений.

Графики временных вариаций λ отражают изменения сейсмической активности (в пункте 2 с некоторым запозданием). Следовательно, можно считать, что на участке исследования временные изменения электропроводности и λ характеризуют продолжающийся афтершоковый процесс.

Измерения методом нестационарного ЗС с соосными установками начаты в 2004 г. после Чуйского сейсмического события и продолжаются в настоящее время. Пункты этих зондирований размещены на старых профилях 80-х гг. прошлого столетия с сохранением момента установок предшествующих работ и повторяются каждый год в летний период. Новые измерения показали, что выбранные ранее параметры установок являются, оптимальными для достижения необходимой глубинности в существующих геоэлектрических условиях межгорных впадин Горного Алтая. В результате интерпретации всего объема режимных полевых данных в компьютерных комплексах моделирования и инверсии (Эра, EMS) получены геоэлектрические модели для каждого ЗС, на основе которых рассчитаны вариации истинных физических характеристик разреза – удельного электрического сопротивления ($УЭС$), относительно значений геоэлектрических параметров в этих же пунктах в период низкой сейсмической активности по данным ЗС 80-х годов прошлого века [3] (рис. 4).

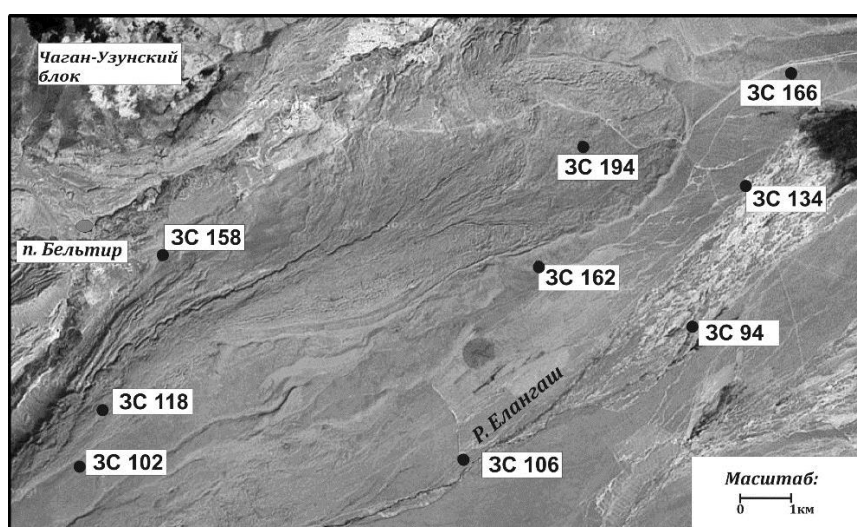


Рис. 4. Размещение режимных пунктов ЗС с установкой «соосные петли» в западной части Чуйской впадины Горного Алтая

Имеющиеся данные о сейсмичности обосновывают предположение о стабильности геологической среды на территории впадины, которая до Чуйского землетрясения не подвергалась сильным сейсмическим воздействиям долгое время, и можно полагать, что геоэлектрические параметры также были стабильны. Сравнительный анализ относительных вариаций $УЭС$ за весь интервал наблюдений с характеристиками сейсмического режима позволяет выявить закономерности эволюции геоэлектрических параметров и опосредованно массива горных пород после разрушительного сейсмического воздействия.

Для того чтобы сравнить количественные изменения $УЭС$ для разных пунктов измерений, рассмотрим относительные вариации $УЭС$ в процентах по данным ЗС 106, 102, 158, 134 за весь временной интервал измерений (2004-2012 гг.). Перечисленные пункты расположены на разных расстояниях от зоны основного разрыва и в различных тектонических блоках. В результате инверсии полевых данных для каждого зондирования была получена четырехслойная геоэлектрическая модель, включающая три осадочных слоя и высокоомный опорный горизонт, отнесенный по геологической информации к породам палеозойского фундамента [5]. Вариации $УЭС$ рассчитаны для проводящих слоев модели за 2004 – 2012 гг. относительно значений 1980 г.

Для вариаций $УЭС$ второго слоя разреза можно выделить две группы графиков, значительно различающихся по уровню вариаций $УЭС$ (рис. 5). В 2004 г. сразу после Чуйского землетрясения по данным ЗС 106 и 102 получены максимальные вариации, превышающие 200 %, а по данным ЗС 158, 134 отмечаются сравнительно небольшие вариации в пределах 30 %.

Причин такого различия, по крайней мере, несколько. В первую очередь необходимо рассмотреть геологические факторы. Например, для ЗС 106 и 102 с максимальной реакцией на

сейсмическое воздействие пункты измерений расположены наиболее близко к зоне основного разрыва Чуйского землетрясения, на расстояниях 1,5-2 км, кроме того мощность низкоомных осадков в области этих пунктов значительна и достигает 200 м и более. Существенно меньшие изменения УЭС получены по данным ЗС 158 и 134. В геоэлектрической модели ЗС 158 мощность проводящего горизонта составляет всего 40 м, а пункт 134 расположен далеко от магистрального сейсморазрыва, на расстоянии примерно в 10 км, и находится в массивном тектоническом блоке, мало затронутом сейсмическим воздействием.

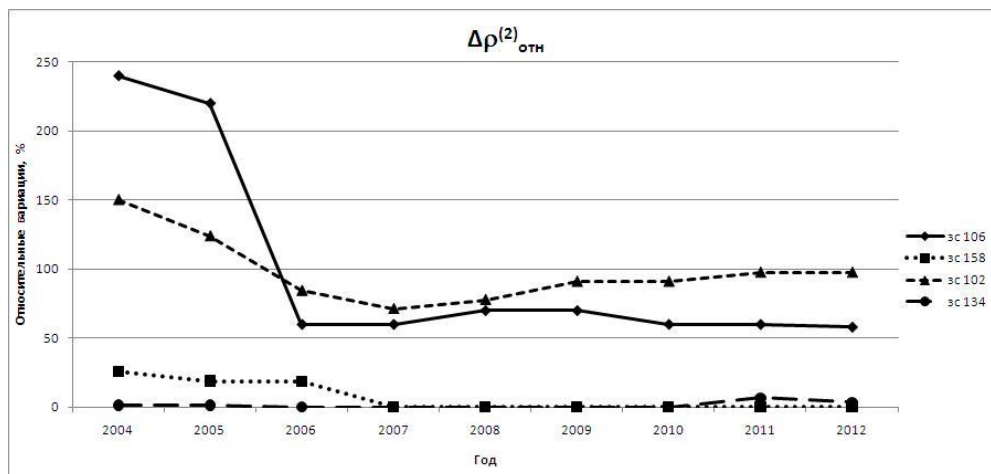


Рис. 5. Относительные вариации УЭС второго слоя геоэлектрических моделей для ЗС 106, 102, 158, 134 за весь временной интервал измерений.

Несмотря на геологические различия в районах размещения пунктов мониторинга, имеется общая закономерность. Для всех рассмотренных режимных ЗС, начиная с 2007 г. состояние среды относительно стабильно, уровень вариаций даже для пунктов с максимальной чувствительностью в среднем не превышает 20 процентов.

Таким образом, в районе Горного Алтая впервые количественно оценен параметр электрической анизотропии по полевым данным нестационарных электромагнитных зондирований с заземленными установками (AB-MN). На примерах обработки полевых данных наглядно показано, что параметр анизотропии можно использовать для характеристики напряженно-деформированного состояния геологических пород в зонах тектонических проявлений разрушительных землетрясений. Можно утверждать, что оба параметра могут быть использованы при проведении электромагнитного мониторинга в сейсмоактивных районах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эпов М.И., Дашевский Ю.А., Ельцов И.Н. Автоматизированная система интерпретации электромагнитных зондирований. Новосибирск: изд-во Института геологии и геофизики СО АН. — 1990.
2. «Методы решения прямых и обратных задач сейсмологии, электромагнетизма и экспериментальные исследования в проблемах изучения геодинамических процессов в коре и верхней мантии Земли». Новосибирск: изд-во СО РАН. — 2010
3. Неведрова Н.Н., Эпов М.И., Антонов Е.Ю. Реконструкция глубинного строения Чуйской Впадины Горного Алтая по данным электромагнитных зондирований // Геология и геофизика. — 2001. — Т. 42. — № 9. — С. 1399—1416.
4. Неведрова Н.Н., Шалагинов А.Е. Анизотропные модели Чуйской депрессии Горного Алтая по данным электромагнитных зондирований становлением поля. Геофизические методы при разведке недр. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Томск: изд-во Томского политехнического университета. — 2011. — С. 61—64.
5. Неведрова Н.Н., Санчаа А.М., Бабушкин С.М. Результаты повторных электромагнитных зондирований становлением поля в западной части Чуйской впадины горного Алтая // Записки Горного института. — 2011. — Т. 194. — С. 191-196.