

ХАРАКТЕРИСТИКА АКТИВНОСТИ РАЗЛОМНЫХ СТРУКТУР ПО ДАННЫМ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ГОРНОГО АЛТАЯ)

Нина Николаевна Неведрова

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, доцент, тел. (383)333-16-39, e-mail: NevedrovaNN@ipgg.sbras.ru

Александр Евгеньевич Шалагинов

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, младший научный сотрудник, тел. (383)330-49-54, e-mail: ShalaginovAE@ipgg.sbras.ru

Характеристика активности разломных структур является важной для целого ряда научных дисциплин, например, сейсмологии, геофизического мониторинга, структурных исследований разными методами, особенно в сейсмоактивных регионах, где разломы фактически определяют строение. В терминах геоэлектрики разломную структуру можно характеризовать определенными размерами в трехмерном пространстве с электрофизическими параметрами, отличными от параметров вмещающей среды. Чаще всего для этих зон наблюдается понижение значений удельного электрического сопротивления (УЭС). Кроме того, разломные зоны могут отличаться по своим анизотропным электрическим свойствам, что подтверждается теоретическими расчетами и целым рядом полевых экспериментов. Актуальной является задача определения активности разломных структур, точнее, критериев их активности.

Ключевые слова: нестационарное электромагнитное зондирование, электромагнитный мониторинг, вариации удельного электрического сопротивления, коэффициент электрической анизотропии.

CHARACTERISTICS OF THE ACTIVITY OF FAULT STRUCTURES USING TEM DATA (FOR EXAMPLE GORNII ALTAI)

Nina N. Nevedrova

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Doctor of Science, Leading Researcher, docent, tel. (383)333-16-39, e-mail: NevedrovaNN@ipgg.sbras.ru

Alexander E. Shalaginov

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Junior Researcher, tel. (383)330-49-54, e-mail: ShalaginovAE@ipgg.sbras.ru

Characteristics of fault structures are important for a variety of scientific fields, for example, seismology, geophysical monitoring, structural studies using different methods, especially in seismically active regions where the faults actually determine the structure. In terms of the geoelectric fault structure can be characterized by a certain size in three-dimensional space with the electro-physical parameters different from the parameters of the host medium. There is a decrease of values of resistivity in most of these areas. In addition, fault zones may differ in their anisotropic electrical properties, as evidenced by theoretical calculations and a number of field experiments. An urgent task is to determine the activity of faults, more precisely criterions of their activity.

Key words: transient electromagnetic sounding, electromagnetic monitoring, variations of resistivity, coefficient of electrical anisotropy.

В статье приведены данные регулярных электромагнитных измерений с контролируемым источником, выполненных в районе Горного Алтая, на основе которых можно оценить активность разломных структур. Мониторинговые работы методами геоэлектрики выполняются на двух участках эпицентральной области разрушительного Чуйского землетрясения 2003 г. ($M=7,3$), которое произошло в ближнем горном обрамлении Чуйской впадины Горного Алтая и по сейсмологическим наблюдениям сопровождается продолжительным афтершоковым процессом. При анализе данных мониторинга разных модификаций метода нестационарного электромагнитного зондирования были рассмотрены два электрофизических параметра – удельное электрическое сопротивление и коэффициент электрической анизотропии. Оценки вариаций этих параметров получены на основе решения обратной задачи. Сопоставление интенсивности вариаций с элементами разломной тектоники в пунктах измерений дает возможность оценить степень активности разломных нарушений.

Индуктивные зондирования с соосными петлями больших размеров (400x400 м) выполнены на первом участке в западной части Чуйской депрессии (рис. 1). Эти пункты были размещены в различных тектонических блоках и на разных расстояниях от зоны магистрального разрыва Чуйского землетрясения.

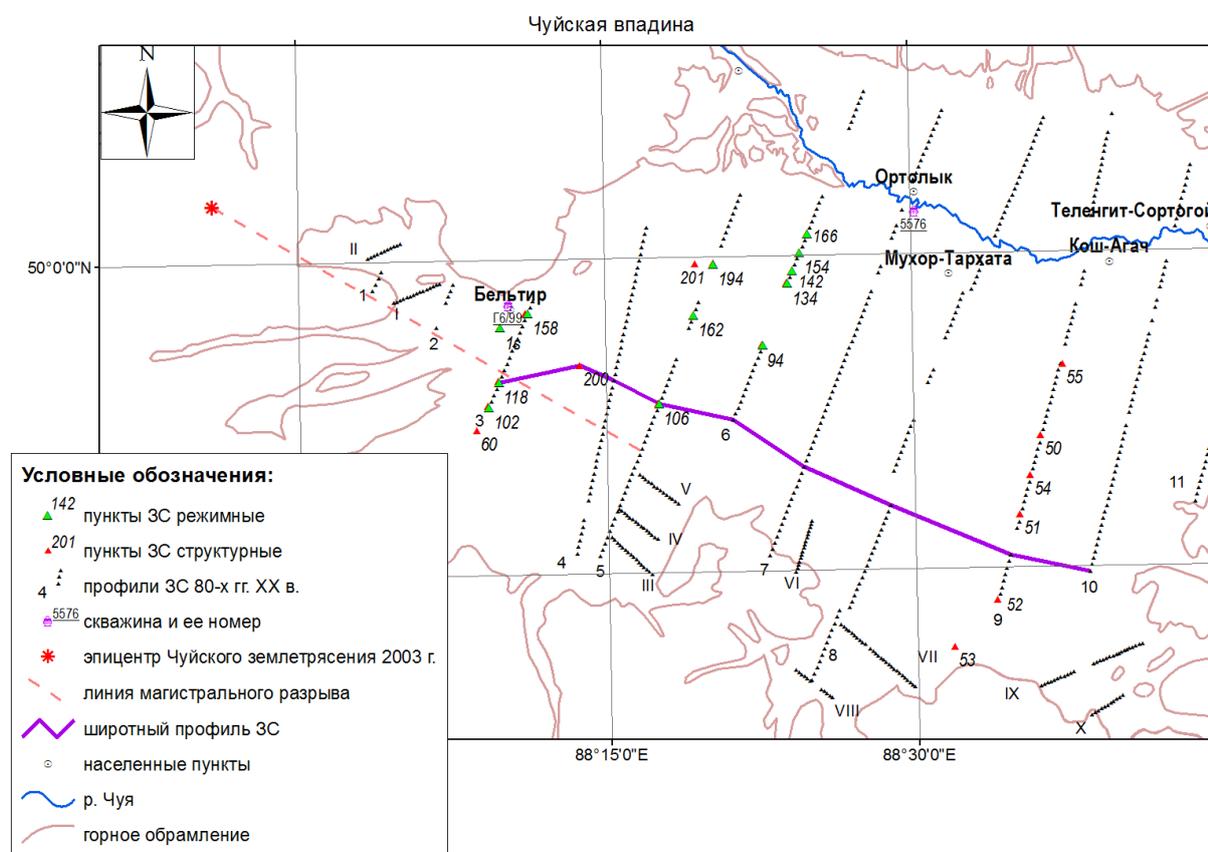


Рис. 1. Пункты индуктивных зондирований становлением электромагнитного поля с соосными петлями в западной части Чуйской впадины

В результате анализа вариаций электропроводности за 2004–2013 гг. было выяснено, что их интенсивность в каждом конкретном пункте зависит от геологических и тектонических характеристик участка, на котором они расположены. Учитывая все данные, были выявлены наиболее чувствительные пункты (ЗС 106, 102, 118) и сформулированы закономерности эволюции геоэлектрических параметров массива горных пород, подвергнутого сильному сейсмическому воздействию. В качестве примера для ЗС 106 сопоставлены кривые ρ_t , полученные в афтершоковый период, с кривой за 1980 г. (рис. 2). Измерения ЗС во второй половине прошлого столетия характеризует геоэлектрические параметры среды в спокойный сейсмический период [1].

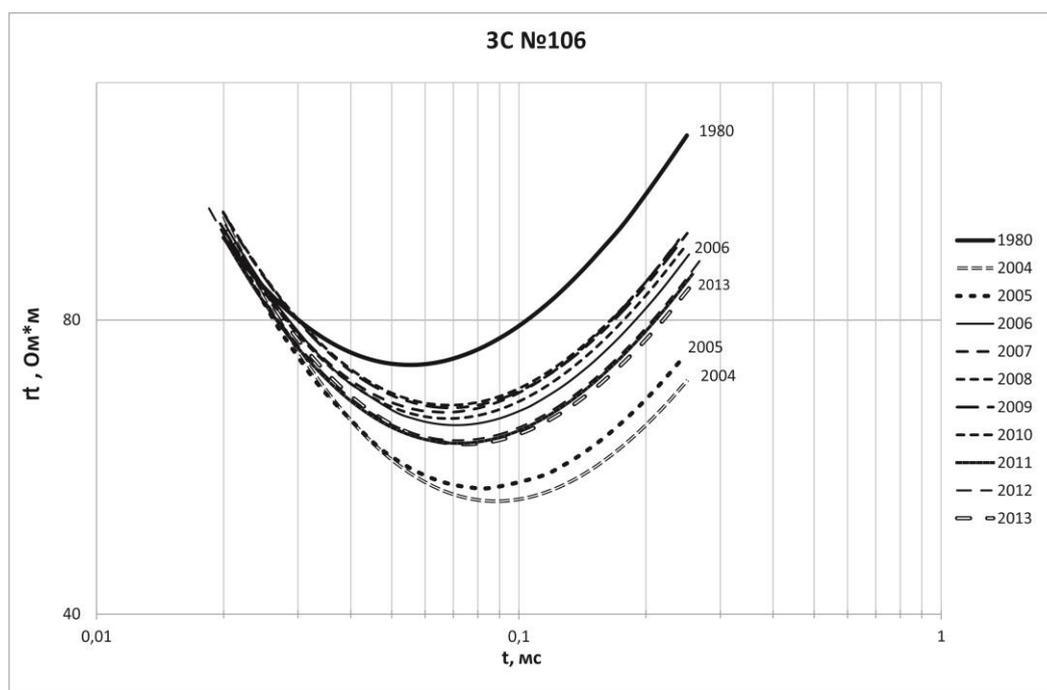


Рис. 2. Сопоставление кривых ρ_t за разные годы наблюдений в эпицентральной зоне Чуйского землетрясения 2003 г.

Из сопоставления кривых ρ_t ЗС 106 следует, что наиболее интенсивный процесс восстановления геоэлектрических параметров геологического массива пород после разрушительного события наблюдался в течение первых трех лет. С 2007 по 2013 г. изменения геоэлектрических параметров связаны с текущей сейсмичностью, так как интенсивность вариаций отражает особенности продолжающегося афтершокового процесса.

Амплитуды вариаций УЭС существенно изменяются в зависимости от места расположения пункта ЗС на участке исследования и временного интервала измерений. В 2004 г., сразу после Чуйского землетрясения, по данным ЗС 106 и 102, 118 получены максимальные вариации, превышающие 200 %, а по данным ЗС 158, 134 отмечаются сравнительно небольшие вариации, достигающие 30 %.

Причин такого различия несколько. Например, для ЗС 106, 102, 118 с максимальной реакцией на сейсмическое воздействие пункты измерений расположены либо непосредственно в зоне магистрального разрыва (ЗС 102, 118), либо в области влияния активных второстепенных разломных нарушений, связанных с основным разрывом (ЗС 106). В частности, по геолого-геофизическим данным пункт ЗС 106 расположен в зоне межблокового разлома.

На участке Мухор-Тархата регулярные наблюдения начаты в 2007 г. и продолжаются в настоящее время методом становления электромагнитного поля (ЗС) с использованием индукционных (Q-q), гальванических (AB-MN) и комбинированных (AB-q) установок (рис. 3). По результатам интерпретации данных модификации метода ЗС с гальваническими установками за 2007–2013 гг. на этом участке получены значения удельного сопротивления и коэффициента электрической анизотропии (λ) для каждого слоя разреза. В 2014 г. для определения детального расположения разломной зоны и ее параметров были выполнены измерения методом электротомографии по профилю.

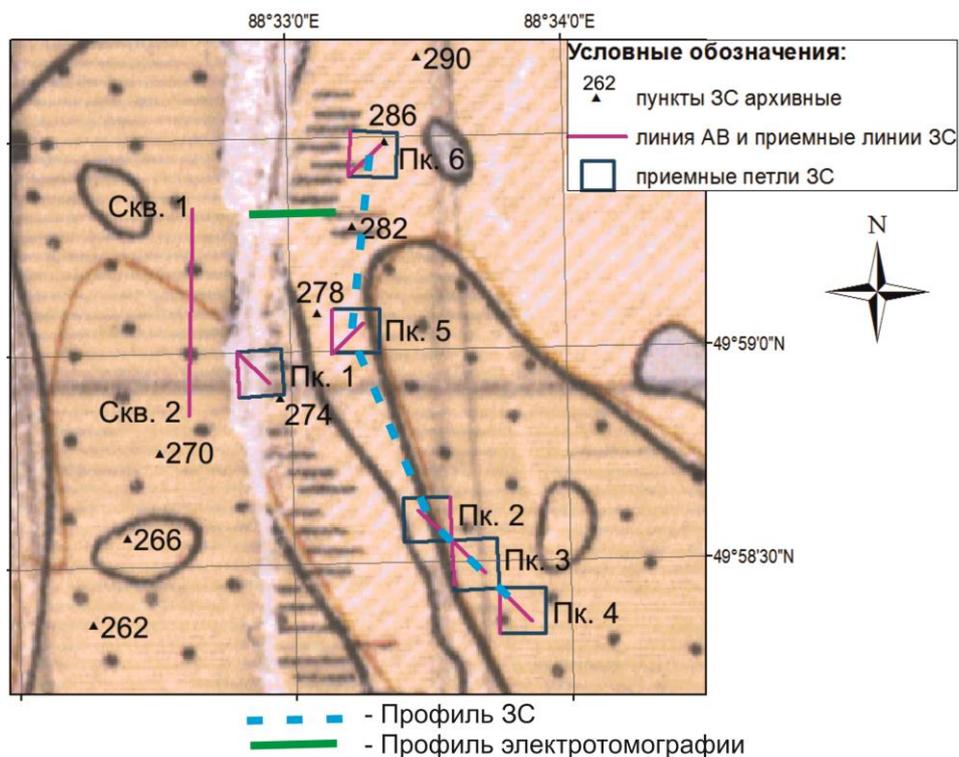


Рис. 3. Размещение пунктов мониторинга ЗС с гальваническими установками в районе пос. Мухор-Тархата

Анализ вариаций УЭС за разные годы показал, что для ЗС 1, 5 наблюдаются вариации, достигающие 20–23 %, а для ЗС 2, 3, 4, 6 они не более 10 %. В то время как вариации коэффициента анизотропии в афтершоковый период Чуйского землетрясения существенно превышают величины вариаций УЭС, вариации λ для верхнего и опорного горизонтов разреза по данным ЗС 1, 2, 5 и 6 до-

стигают 100 % и более [2]. Увеличение коэффициента анизотропии в районе этих пикетов наблюдается в периоды повышения сейсмической активности, когда увеличивается число сейсмических событий, повышается количество выделившейся энергии (рис. 4). На графиках вариаций λ увеличение значений отмечается для обоих анизотропных слоев в 2008–2009 гг. и в 2012–2013 гг., что коррелирует с повышением сейсмичности региона в эти периоды. Можно также отметить, что вариации λ для опорного горизонта более значимы, чем λ для первого слоя.

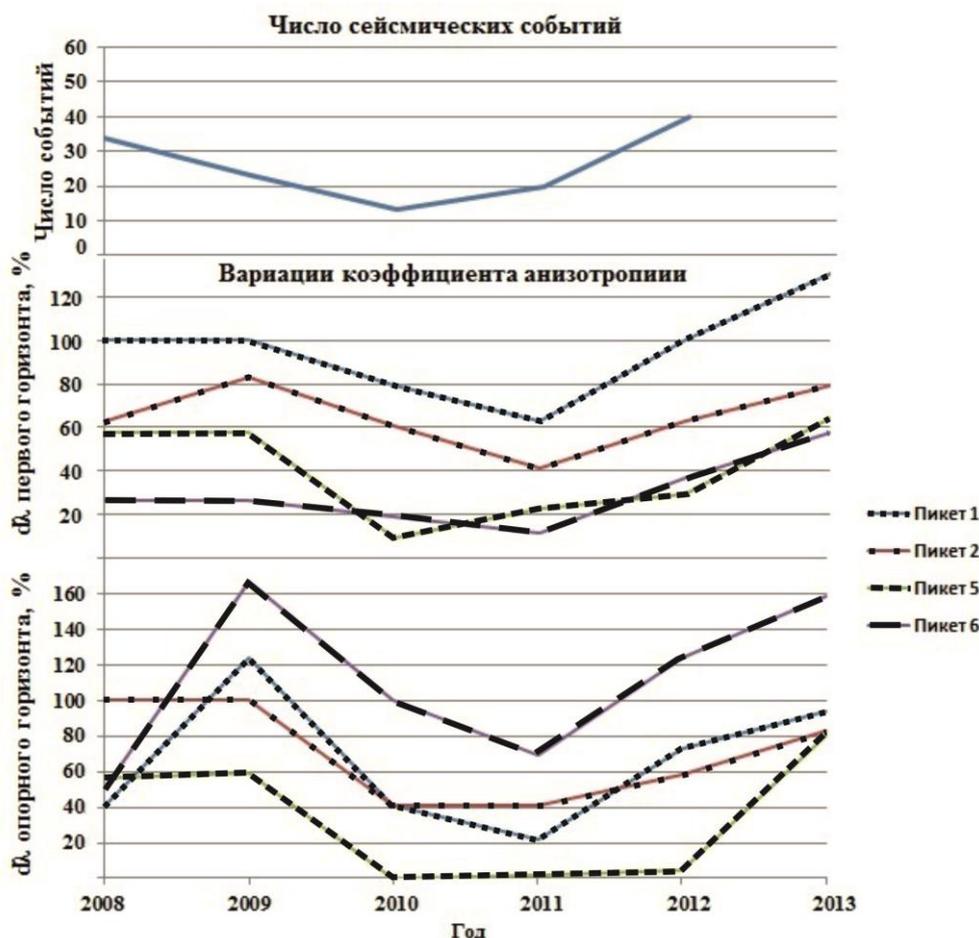


Рис. 4. Сопоставление вариаций коэффициента анизотропии с параметром сейсмической активности

По интенсивности вариаций УЭС и λ были выделены активные интервалы магистрального разрыва Чуйского землетрясения и активные второстепенные разломы. Если рассмотреть результаты регулярных электромагнитных измерений непосредственно в эпицентральной зоне Чуйского события, то можно сделать несколько выводов. Во-первых, по интенсивности вариаций электрофизических параметров можно выделить отдельные наиболее активные зоны магистрального разрыва и время этих активизаций. Во-вторых, по комплексу данных ЗС с гальваническими и индуктивными установками в районе пос. Мухор-

Тархата наблюдается участок активного второстепенного разломного нарушения. Выявлен также активный межблоковый разлом в районе пункта мониторинга № 106. Учитывая геоэлектрическое строение Чуйской впадины и амплитуды вариаций в различных пунктах регулярных наблюдений ЗС, можно ввести критерий активности разломных структур по электромагнитным данным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Землетрясения России в 2009 году/ А.Ф. Еманов [и др.]. - 2011. - С.27–30.
2. Шалагинов, А.Е. Результаты электромагнитного мониторинга геодинамических процессов с учетом электрической анизотропии разреза в Чуйской впадине Горного Алтая / А.Е. Шалагинов, Н.Н. Неведрова // Шестой Международный симпозиум "Проблемы геодинамики геоэкологии внутриконтинентальных орогенов (Бишкек, 23–29 июня 2014 г.) : тез. докл. - Бишкек: Научная станция РАН, 2014. - С. 215–218.

© Н. Н. Неведрова, А. Е. Шалагинов, 2015