

УДК 550.372 (235.216)

**АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КАМБАРАТИНСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА
С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ МЕТОДИКИ СИНХРОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

Е.А. Баталева, В.Ю. Баталев

Представлены результаты детального анализа данных магнитотеллурического мониторинга (Камбарата, 2009 г.) с привлечением результатов синхронных измерений в удаленном базовом пункте Ак-Суу (методика remote reference). Рассмотрены вариации электропроводности земной коры до и после промышленного взрыва в корреляции с лунно-солнечными приливами.

Ключевые слова: естественное электромагнитное поле; магнитотеллурический мониторинг; землетрясение; тензор импеданса; Камбаратинский взрыв; Тянь-Шань.

**THE RESULTS OF AN ANALYSIS OF THE KAMBARATA EXPERIMENT
WITH ATTRACTION SYNCHRONOUS MEASUREMENT TECHNIQUE**

E.A. Bataleva, V.Yu. Batalev

The paper presents the results of a detailed analysis of the magnetotelluric monitoring data (Kambarata, 2009), involving the results of synchronous measurements at a remote base point Ak-Suu (a technique remote reference). The article considers the variation of electrical conductivity of the Earth crust before and after an industrial explosion in correlation with lunar and solar tides.

Keywords: natural electromagnetic field; magnetotelluric monitoring; earthquake; impedance tensor; Kambarata experiment; Tien-Shan.

Рассмотрим возможные способы и подходы к исследованию вариаций электропроводности методом магнитотеллурического (МТ) мониторинга на примере Камбаратинского промышленного взрыва, где как нам представляется, были получены обнадеживающие результаты натурального эксперимента по изучению реакции среды в виде вариаций электросопротивления на изменение напряженно-деформированного состояния земной коры [1–5]. Камбаратинский эксперимент (22 декабря 2009 г.) включал в себя сейсмологические, электромагнитные и GPS наблюдения, выполненные силами Научной станции РАН. Мощность промышленного взрыва составляла 2.8 Кт в тротиловом эквиваленте. Расстояние от пункта взрыва до магнитотеллурической станции Феникс MTU-5D равнялось 5,7 км (рисунок 1). Полученные в результате проведенных сейсмических наблюдений данные 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 [6, 7].

С целью проверки и уточнения выводов о взаимосвязи вариаций электросопротивления гео-

логической среды с деформациями земной коры, вызванными как тектоническими, так и лунно-солнечными воздействиями были выполнены исследования с использованием данных синхронных измерений в базовом пункте Ак-Суу, расположенном на территории Бишкекского геодинамического полигона около 120 км от места взрыва (рисунки 2 и 3).

Особенностью современной методики исследований, выполненных методом магнитотеллурического зондирования (МТЗ), являются измерения в синхронном режиме. Синхронизация записей электромагнитного поля осуществляется с помощью систем GPS или ГЛОНАСС. Такой подход позволяет увеличить точность наблюдений и расширить возможности метода, используя методику обработки с удаленной базой (remote reference). В этом случае, базовая измерительная установка располагается в зоне, свободной от промышленных электромагнитных помех, и измерения на ней ведутся синхронно с наблюдениями на мониторинговых станциях и профильных пунктах зондирования.

Данная методика обработки электромагнитных данных позволяет уменьшить влияние локальных помех на результаты зондирования, по-

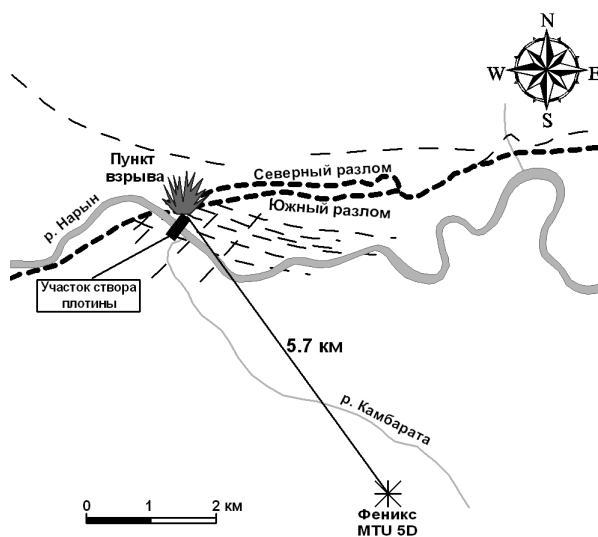


Рисунок 1 – Схема расположения магнитотеллурической станции Феникс (Phoenix) MTU 5D во время проведения Камбаратинского промышленного взрыва 22 декабря 2009 г.

скольку вариации магнитотеллурического поля (горизонтальных магнитных компонент) близки по спектральному составу на достаточно больших расстояниях, что делает возможным использование в обработке данных вариаций магнитного поля с удаленной станции не искаженных помехами.

Следует отметить некоторое отличие результатов обработки данных, которые не имеют существенного значения, а лишь дополняют друг друга, из чего можно сделать вывод, что методика обработки с удаленной базой в данном эксперименте не привнесла радикальных изменений в распределение вариаций кажущегося сопротивления. Вероятно, мы имеем дело с одним из редких случаев, когда уровень помех на пункте зондирования значительно ниже, чем на базовом.

В связи с тем, что современные магнитотеллурические исследования позволяют существенно дополнить и расширить имеющиеся представления о глубинной структуре и строении разломных зон с использованием как новейших программных средств, так и методических разработок для интерпретации данных МТЗ, Научная станция РАН уделяет большое внимание организации детальных исследований разломных нарушений [8–11]. Наибольший интерес представляют подобные работы,

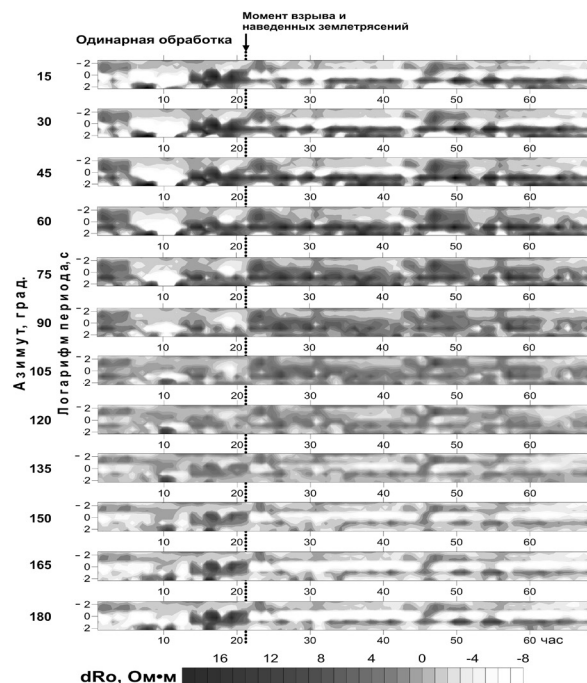


Рисунок 2 – Результаты обработки МТ-данных, полученных при проведении Камбаратинского взрыва, выполненные в режиме стандартной обработки для азимутального мониторинга

выполненные в сейсмоактивных регионах, например, в районе Курайско-Чуйской системы впадин горного Алтая после землетрясения 2003 г. [8] и на территории Бишкекского геодинамического полигона [10]. В настоящее время наше внимание сфокусировано на детальном исследовании (мониторинге) зон Шамси-Тюндюкского и Южно-Кочкорского разломов.

Результаты, полученные при изучении взаимосвязи вариаций электромагнитных параметров (кажущегося сопротивления, фаз импеданса, векторов Визе и др.) геосреды с деформациями земной коры при лунно-солнечных приливах [1–4], позволяют надеяться на дальнейшее понимание природы процессов, происходящих в зонах тектонических нарушений в сопоставлении с приливными воздействиями. Разработанная в ИС РАН методика мониторинга процессов подготовки землетрясений на основе наблюдений вариаций физических параметров горных пород под воздействием приливных лунно-солнечных деформаций земной коры представлена в работах [10, 11]. Ключевой особенностью этой методики является использование корреляционных полярных диаграмм (рисунок 4), что позволяет разработать рекомендации по выбору тензочувствительных зон для установки измери-

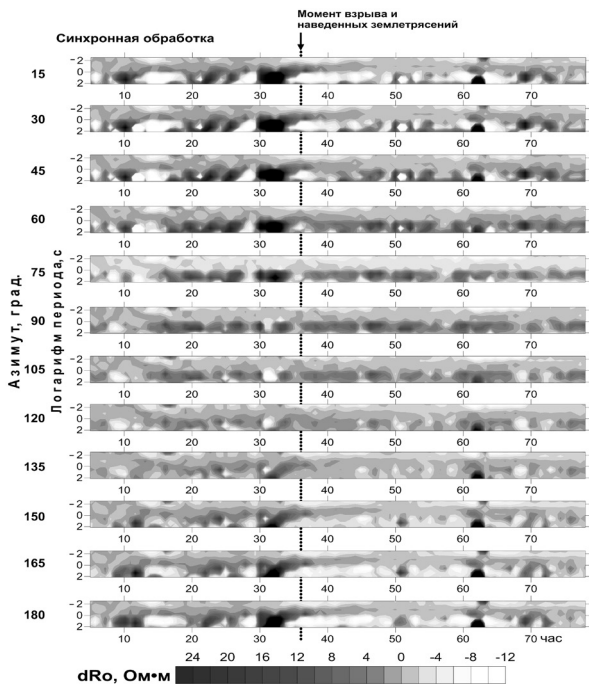


Рисунок 3 – Результаты обработки МТ-данных, полученных при проведении Камбаратинского взрыва, выполненные в режиме синхронной (remote reference) обработки

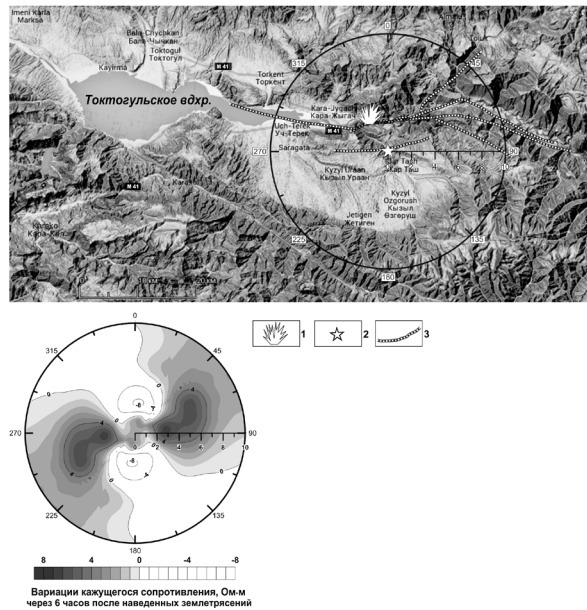


Рисунок 4 – Распределение значений коэффициентов корреляции вариаций кажущегося сопротивления с приливными воздействиями после Камбаратинского промышленного взрыва (спустя 6 часов)

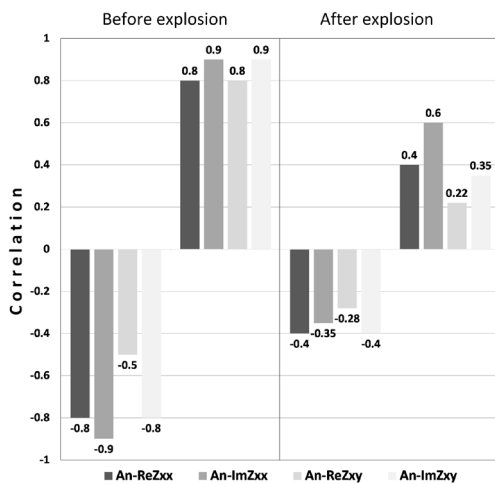


Рисунок 5 – Высокие значения коэффициентов корреляции компонент тензора импеданса и вертикальной компоненты лунно-солнечных приливных воздействий для участка ЧВР до землетрясения и их снижение для участка ЧВР после землетрясения за счет предполагаемых релаксационных процессов. Положительные и отрицательные значения коэффициентов корреляции являются максимальными для соответствующих кластеров полярных диаграмм.

тельных станций. В этой связи особое внимание уделялось поведению электромагнитных параметров в разломных зонах [9–11].

Результаты углубленного анализа связей вариаций электромагнитных параметров земной коры с изменением ее напряженно-деформированного состояния по данным магнитотеллурического мониторинга в окрестности Камбаратинского промышленного взрыва с оценкой их вклада представлены на рисунке 5.

Таким образом, проведение углубленного магнитотеллурического мониторинга различных компонент поля и их инвариант (для разных азимутов) в пунктах электромагнитных наблюдений, как стационарных, так и режимных, позволяет проверить адекватность отбора электромагнитных критериев изменений напряженно-деформированного состояния области очага землетрясения, а использование различных методик обработки и интерпретации данных – расширить возможности метода.

Исследования осуществляются в рамках выполнения Государственного задания ФГБУН ИС РАН в г. Бишкеке на 2016–2018 гг. (Тема 70.1).

Литература

1. Рыбин А.К. Вариации электросопротивления земной коры по результатам магнитотеллурического мониторинга сейсмоактивных зон Тянь-Шаня / А.К. Рыбин, Е.А. Баталева, В.Ю. Баталев, В.Е. Матюков // Вестник КРСУ. 2011. Т. 11. № 4. С. 29–40.
2. Баталева Е.А. К вопросу о взаимосвязи вариаций электропроводности земной коры и геодинамических процессов / Е.А. Баталева, В.Ю. Баталев, А.К. Рыбин // Физика Земли. 2013. № 3. С. 105–113.
3. Баталева Е.А. Разработка программ анализа данных азимутального магнитотеллурического мониторинга. Часть 1. Анализ данных магнитотеллурического мониторинга / Е.А. Баталева, В.Ю. Баталев // Вестник КРСУ. 2014. Т. 14. № 7. С. 3–7.
4. Баталева Е.А. Разработка программ анализа данных азимутального магнитотеллурического мониторинга. Часть 2. Разработка программного обеспечения для анализа данных МТ мониторинга / Е.А. Баталева, В.Ю. Баталев // Вестник КРСУ. 2014. Т. 14. № 7. С. 8–12.
5. Баталева Е.А. Вариации кажущегося сопротивления горных пород как индикатор напряженного состояния среды / Е.А. Баталева, А.К. Рыбин, В.Ю. Баталев // Геофизические исследования. 2014. Т. 15. № 4. С. 53–64.
6. Брагин В.Д. Электромагнитные исследования эффектов, обусловленных мощным промышленным взрывом в районе Нарынского каскада гидроэлектростанций (Камбарата) / В.Д. Брагин // Вестник КРСУ. 2011. Т. 11. № 4. С. 46–53.
7. Брагин В.Д. Сейсмические исследования эффектом, обусловленных мощным промышленным взрывом в районе Нарынского каскада гидроэлектростанций (Камбарата) / В.Д. Брагин // Вестник КРСУ. 2011. Т. 11. № 4. С. 97–103.
8. Баталева Е.А. Опыт построения трехмерной геоэлектрической модели района Курайско-Чуйской системы впадин горного Алтая по данным электромагнитных зондирований / Е.А. Баталева, А.К. Рыбин, В.Ю. Баталев, Г.Г. Щелочков, И.В. Сафронов // Вестник КРСУ. 2006. № 3. С. 104–112.
9. Баталева Е.А. О возможности использования магнитотеллурического зондирования для исследования тектонических нарушений в массивах горных пород / Е.А. Баталева, А.К. Рыбин, В.Ю. Баталев, И.В. Сафронов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2005. № 3. С. 38–45.
10. Баталева Е.А. Проявление разломных структур в электромагнитных параметрах (для территории Центрального Тянь-Шаня) / Е.А. Баталева, В.Ю. Баталев // Вестник КРСУ. 2015. Т. 15. № 9. С. 160–164.
11. Баталева Е.А. Магнитотеллурический мониторинг напряженно-деформированного состояния среды (для территории Центрального Тянь-Шаня) / Е.А. Баталева, В.Ю. Баталев // В кн.: Геолого-геофизическая среда, сейсмичность и сопутствующие процессы: Матер. конф. Нерюнгри: Изд-во: Технический ин-т (ф) СВТУ. 2015. С. 7–14.