

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЗОНЫ ТАЛАСО-ФЕРГАНСКОГО РАЗЛОМА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ

© 2013 г. В. Ю. Баталев, Е. А. Баталева, В. Е. Матюков, А. К. Рыбин

*Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке
720049, Кыргызская Республика, г. Бишкек, ИС РАН
E-mail: batalev@gdirc.ru*

Поступила в редакцию 20.03. 2012 г.

Выполнены новые магнитотеллурические исследования в зоне Таласо-Ферганского разлома (ТФР). Работы проводились современной аппаратурой канадской фирмы “Феникс” с регистрацией периодов поля до 10000 с. Результаты интерпретации новых магнитотеллурических данных, полученных по Чаткальскому профилю в северо-западной части района исследования, свидетельствуют о существовании тенденции к ослаблению выявленной ранее аномалии электропроводности, приуроченной к зоне ТФР. Ключевые слова: магнитотеллурические зондирования, нормализация, двумерная инверсия, тензор импеданса, Таласо-Ферганский разлом.

ВВЕДЕНИЕ

Реализация нового этапа (2010–2011 гг.) электромагнитных исследований в зоне Таласо-Ферганского разлома (ТФР) связана с появлением магнитотеллурических станций нового поколения и развитием методики интерпретации электромагнитных данных [21–23]. В конце прошлого столетия на этой территории проводились региональные работы в модификациях магнитотеллурического зондирования (МТЗ), магнитовариационного зондирования (МВЗ) и глубинного магнитотеллурического зондирования (ГМТЗ) силами Научной станции, Ташкентского университета и Института сейсмологии НАН КР [2, 9, 12, 15]. Запись вариаций магнитотеллурического поля осуществлялась с помощью электроразведочной аппаратуры МТЛ, ЦЭС-1, МВС ИЗМИРАН-5, ЦЭС-2 и станций МТ-ПИК (разработанных Научной станцией РАН). В настоящий момент МТЗ выполняются станциями Феникс МТУ-5. Методика производства наблюдений с помощью ортогонально расположенных электрических и магнитных датчиков определялась требованиями аппаратуры, а также особенностями геологического строения региона [3, 20–23]. Точки наблюдения располагались на расстоянии 10–15 км друг от друга. Диапазон измеряемых периодов составлял, в основном, 0.1–1600 сек. К настоящему моменту в зоне ТФР выполнено около 135 МТ зондирований (рис. 1). Интерпретация полученных данных проводилась на основе расчета двумерных геоэлектрических моделей зоны ТФР и решения прямой 3D задачи с учетом того, что простирание ТФР диагональное по отношению к основным тектоническим структурам Тянь-Ша-

ня, характеризующимся широтным простиранием. В результате этих работ в зоне Таласо-Ферганского разлома был обнаружен эффект вытеснения поперечного тока [3, 4, 8, 24] и описана аномальная зона электропроводности [5, 6].

КРАТКИЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗОНЕ ТАЛАСО-ФЕРГАНСКОГО РАЗЛОМА

Таласо-Ферганский разлом северо-западного простирания является крупнейшим разрывным нарушением Центральной Азии и одним из главных структурных элементов Тянь-Шаня. Многие ученые занимались и продолжают заниматься изучением глубинного строения и современных движений по Таласо-Ферганскому разлому. Большинство из этих исследователей интерпретируют разлом как правосторонний сдвиг, который был заложен в палеозое и активизировался в кайнозойское время, в результате начавшегося сокращения земной коры вследствие Индо-Евразийской коллизии. Так, по смещению структурно-фациальных зон среднего палеозоя вдоль разлома В.С. Буртманом [13] был определен правый сдвиг амплитудой до 200 км. Большое внимание исследованию “зоны секущих деформаций” Таласо-Ферганского разлома уделял В.И. Макаров [17–19]. В совместной работе с В.Г. Трифоновым и В.Ф. Скобелевым [26, 29] при изучении развития ТФР в плейстоцене и голоцене обращается внимание на тот факт, что в движения по разлому существенный вклад вносят сильные землетрясения. Причем, правосдвиговые перемещения в верховьях р.Чаткал достигают 15 мм/год, а северо-западнее скорость быстро па-

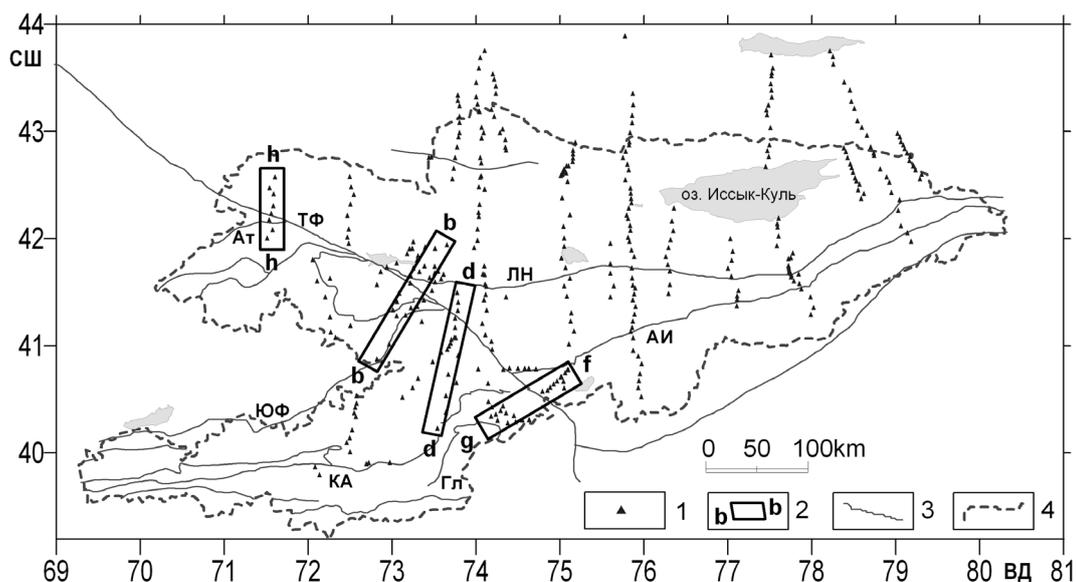


Рис. 1. Схема геоэлектрической изученности Киргизского Тянь-Шаня методом МТЗ.

1 – пункты МТЗ, 2 – профили, по которым производилась 2D инверсия МТданных, рассматриваемая в настоящей работе, 3 – крупные разломы: ТФ – Таласо-Ферганский; ЛН – Линия Николаева; АИ – Атбаши-Иньльчекский; Ат – Атойнокский; ЮФ – Южно-Ферганский; КА – Кичик-Алайский; Гл – Гюльчинский, 4 – граница Кыргызстана.

дает. Скачок скорости совпадает с северо-западной границей, примыкающей к Таласо-Ферганскому разлому Чаткало-Кураминской системы новейших поднятий северо-восточного простирания, т.е. границей Тянь-Шаня как новейшего горного сооружения. Существует определенная приуроченность к этой границе эпицентров сильных землетрясений, которые произошли в рассматриваемом регионе в XX столетии.

По сравнению с геологической изученностью, зона текущих деформаций Таласо-Ферганского разлома геофизическими методами изучена достаточно слабо; основное внимание уделялось центральной части, расположенной в зоне Токтогульского водохранилища. По геофизическим данным [27, 28], Таласо-Ферганский разлом выделяется как структура, разделяющая Тянь-Шань на две части – северо-восточную и юго-западную, которые различаются по строению земной коры и верхней мантии. Интересным моментом является хорошее соответствие результатов интерпретации магнитотеллурического зондирования [5, 6] и сейсмотомографии [1, 14]. Обычно при сопоставлении геоэлектрических и сейсмотомографических моделей рассматривается корреляция геоэлектрических структур повышенной электропроводности с низкоскоростными слоями, однако, для зоны ТФР наблюдается соответствие структур с противоположными свойствами, то есть высокоомной геоэлектрической структуре из модели МТЗ (изолятору) соответствует высокоскоростная структура сейсмического разреза.

ОПИСАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ПОСТРОЕНИЮ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ 2D-МОДЕЛЕЙ

Профессор М.Н. Бердичевский с помощью теоретических расчетов оценил влияние глубинных субвертикальных проводящих тел на Н-моду двумерных теоретических моделей и моделей реальных сред [10, 11]. В результате расчетов двумерных моделей и анализа поведения поперечных кривых МТЗ, показано, что по субвертикальным проводящим зонам может происходить перераспределение теллурических токов, индуцированных в коровых проводниках. При этом на дневной поверхности образуются восходящие поперечные кривые магнитотеллурического зондирования, характеризующиеся изменением уровня до двух-трех порядков. При совместном рассмотрении приведенной на рис. 2 двумерной модели по Малому Кавказу [10] и теоретической модели [11], подчеркиваются основные признаки эффекта вытеснения поперечного тока. Уровень поперечных кривых возрастает более чем на две декады для теоретической модели рис. 2б и чуть менее двух декад для модели по Малому Кавказу рис. 2а. Различия в морфологии поперечных кривых связаны с шириной высокоомного блока, разделяющего коровые проводники и глубиной залегания этих проводников. Минимум на правой ветви кривой рис. 2а обусловлен соединением коровых проводников с глубинным проводящим слоем (астеносферой) посредством субвертикальных вставок, за счет чего и происходит соответствующее пони-

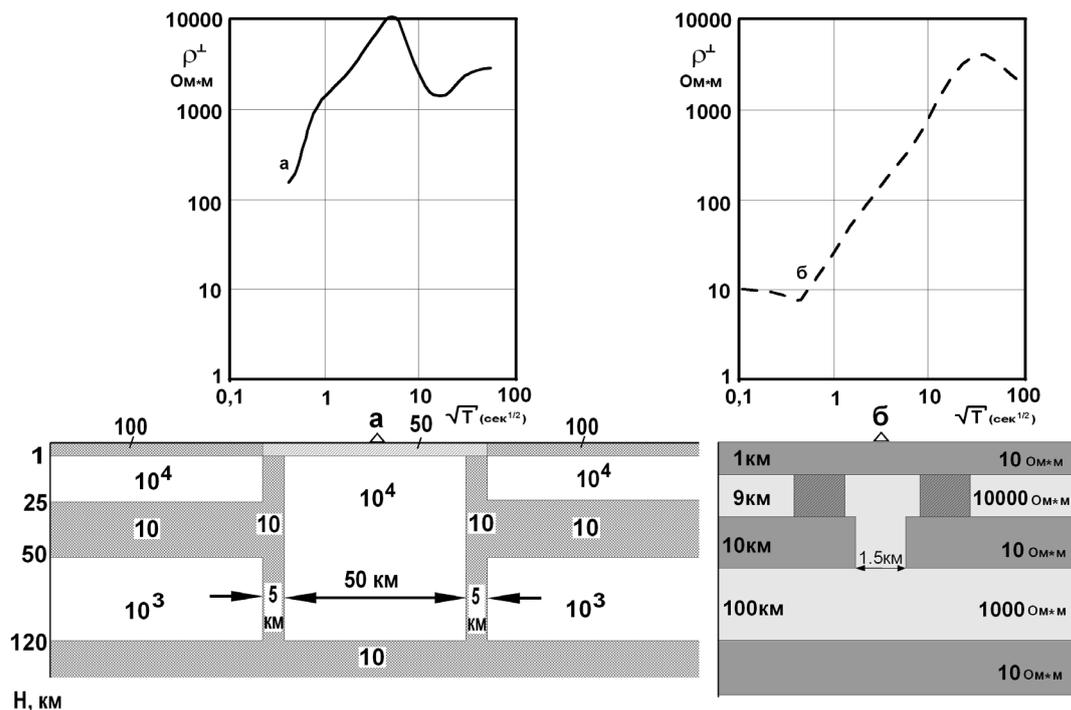


Рис. 2. Сопоставление моделей.

а) двумерной (по Малому Кавказу [10]) и б) теоретической ([Бердичевский и др., 1997]), иллюстрирующих эффект вытеснения поперечного тока. Поперечные кривые относятся к центральным частям соответствующих 2D-моделей. Проводящие слои в моделях: кровля астеносферы – на глубине 120 км; внутрикоровый проводник: а) на глубинах 25–50 км и б) 10–20 км; поверхностный слой – от 0 до 1 км. Значения электросопротивления в Ом·м показаны внутри блоков моделей.

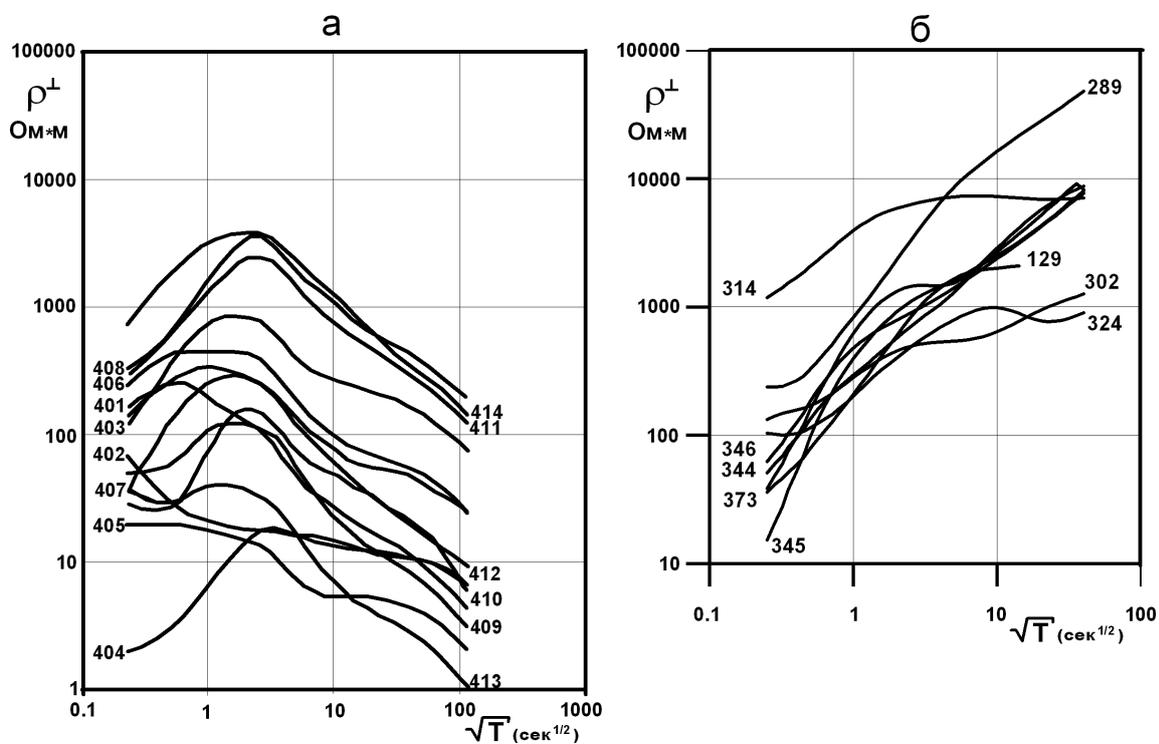


Рис. 3. Сравнение поперечных кривых МТЗ.

а – наблюдаемых повсеместно на территории Северо-Восточного Тянь-Шаня, б – наблюдаемых только на склонах Каратау-Ферганской системы хребтов.

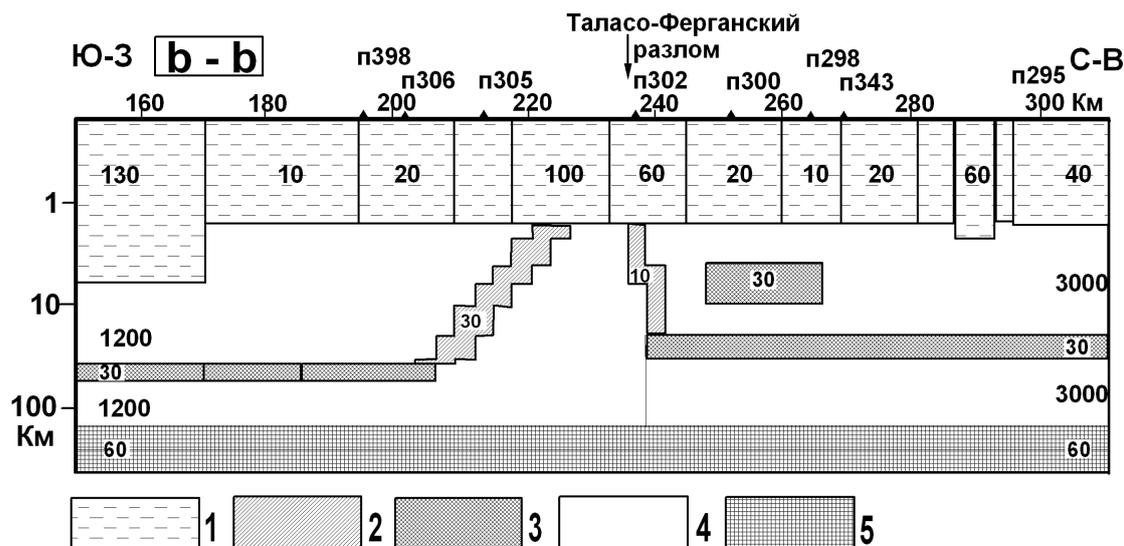


Рис. 4. Результаты 2D инверсии МТ-данных по профилю b-b (рис. 1).

1 – осадочный чехол, 2 – субвертикальные проводящие зоны, 3 – коровые проводники, 4 – высокоомный фундамент, 5 – астеносфера. Получено с помощью пакета программ INV2D [6].

жение поперечного сопротивления на низких частотах. В обеих моделях кровля астеносферного слоя залегает на глубине 120 км и, соответственно, ее влияние на поперечные кривые проявляется в формировании нисходящих окончаний правых ветвей, как в случае рис. 2а, так и в случае рис. 2б.

Научная станция впервые выполнила серию профильных зондирований через зону ТФР еще в 1985 году. Морфологический анализ наблюдаемых кривых МТ-зондирований проводился в работах [3–5]. Данные МТ-зондирований, полученные на склонах Ферганского хребта, резко отличались от обычных кривых кажущегося сопротивления, получаемых повсеместно на Тянь-Шане (рис. 3). Кривые кажущегося сопротивления профилей МТЗ, поперечных зоне Таласо-Ферганского разлома, в отличие от кривых МТЗ, выполненных в других районах Тянь-Шаня, являются круто восходящими в рабочем диапазоне периодов (от 0.1 с до 1600 с). На правых ветвях поперечных наблюдаемых кривых кажущегося сопротивления нет отчетливых минимумов и, они не являются нисходящими. Для зоны ТФР этот факт указывает на отсутствие кондуктивной связи между северо-восточной и юго-западной частями корового слоя через астеносферный слой, как это происходит в 2D модели по Малому Кавказу (рис. 2).

При решении прямых 2D задач для зоны ТФР [3] показано, что для проявления эффекта вытеснения поперечного тока очень критична проводимость поверхностных слоев, через которые происходит перетекание поперечных токов между разъединенными частями корового проводящего слоя (рис. 4). С увеличением проводимости поверхностных слоев поперечные кривые кажущегося сопротивления, естественно, перестают быть восходящими.

Интерпретация результатов первых зондирований не проводилась до тех пор, пока не появились новые данные по серии профилей (рис. 1), секущих зону Таласо-Ферганского разлома в зоне от долины р. Талас до долины р. Арпа, которые подтвердили предыдущие результаты. В зоне Таласо-Ферганского разлома была выделена аномалия электропроводности (комбинация коровых проводников) [5], которая по морфологическим признакам подразделяется на 3 звена – Таласское, Центральное и Южное. Эти звенья также различаются по глубинному строению земной коры и верхней мантии и различным характеристикам геофизических полей. Ширина аномалии электропроводности составляет 10–15 км, а глубина залегания достигает 45 км.

На рис. 4 в качестве примера показано наиболее характерное сечение Центрального звена ТФР (профиль b-b).

Целью настоящей работы, в связи с реализацией нового этапа электромагнитных исследований в зоне ТФР, осуществленного в 2010–2011 гг., является включение результатов 2D-моделирования по Чаткальскому профилю (h-h) (рис. 1) в общую геоэлектрическую модель зоны ТФР.

МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ РАБОТ И ОБРАБОТКА МТЗ-ДААННЫХ

В районе Чаткальского хребта, в 75 км западнее г. Талас (71.5° в.д.), силами Научной станции РАН в 2011 г. были проведены наблюдения МТЗ по детализационному профилю (h-h), секущему зону Таласо-Ферганского разлома (рис. 1). Исследования выполнялись с помощью аппаратуры Phoenix MTU-5, разработанной компанией Phoenix Geo-

physics. Благодаря своей точности, производительности, мобильности, помехозащищенности и уровню автоматизации эта аппаратура нашла широкое применение при проведении работ МТЗ во всем мире. MTU-5 – легкий, малогабаритный регистратор с 24 разрядным АЦПУ, автономная работа обеспечивается внешней батареей 12 В. Размеры – $23 \times 22 \times 11$ см, вес – 4 кг, число каналов – 5, частотный диапазон: – 400–0.0002 Гц. Вмонтированная в каждый прибор система GPS обеспечивает синхронизацию приборов, расположенных на неограниченном расстоянии с точностью 1 мкс и автоматическое определение координат текущего положения приборов с высокой степенью точности. Регистратор приспособлен к работе в самых разных климатических условиях в диапазоне температур от –30 до +50°C.

Профиль (h-h) расположен в западной части Ферганского и северной части Чаткальского хребта, на нем выполнено 8 глубинных зондирований с шагом 5–10 км (рис. 1). При проведении зондирований с помощью пятиканальной станции Phoenix MTU-5 по МТ-профилям через Тянь-Шань используется адаптированная для горных условий методика наблюдений и выбор настроек станции [3, 20, 21, 23]. Две электрические линии раскладываются строго в ортогональных направлениях по азимутам 0° и 90°. Измерительные установки станций MTU-5 ориентируются в широтном и меридиональном направлениях, ось X направлена на север по магнитному меридиану, Y – на восток по магнитной широте, Z – вертикально вниз. Расстояние между электродами составляет 50 м. Провода укладываются на землю так, чтобы избежать влияния ветровых шумов. неполяризующиеся электроды особой конструкции, разработанной в ИС РАН [16], устанавливаются в углубление 0.3 м. Датчики магнитных каналов выносятся на 10–15 м от центрального электрода и устанавливаются также по азимутам строго ортогонально в вырытые канавки. Затем присыпаются землей, чтобы избежать ветровых помех. Особое внимание уделяется установке вертикального индукционного датчика Hz. В легких грунтах с помощью ручного бура пробуривается вертикальная скважина глубиной около 1.2 м. Индукционный датчик устанавливается в скважине по уровню и засыпается землей, если в каменистом грунте пробурить скважину невозможно, то выкапывается требуемой глубины яма, в которую устанавливается датчик и также засыпается землей. Методическое требование обязательного “погружения” индукционных датчиков в грунт, обеспечивает высокую защищенность магнитных каналов от ветровых помех и воздействия микросейсм. Магнитовариационные данные не подвергаются воздействию эффекта статического смещения и являются “опорными” в паре МТЗ–МВЗ, поэтому и требования к качеству магнитных данных очень высоки. Это особенно акту-

ально в условиях сильно неоднородных сред при выполнении магнитотеллурических зондирований в горах Тянь-Шаня. При отсутствии интенсивных промышленных помех время работы станции на пункте зондирования составляет 24 часа, что позволяет определить значения тензора импеданса и матрицы Визе-Паркинсона в интервале периодов от 0.003 до 5000 с. Этого периода времени достаточно для записи, предварительной обработки и первичной интерпретации материалов, результатом которой является одномерный геоэлектрический разрез земной коры и верхней мантии (50–60 км). В штатном режиме станции Phoenix MTU-5 ежедневно переустанавливаются на другой пункт наблюдений, однако, в том случае, если полученный материал является некачественным, время записи увеличивается. Продолжительность записи повышается и с целью увеличения глубинности зондирований, так регистрация МТ-поля на профиле (h-h) производилась по 72 часа на каждом пункте наблюдения. Записи 5 компонент ЭМ поля, выполненные станциями MTU-5, были обработаны стандартной для аппаратуры Феникс программой SSMT2000, реализующей современные алгоритмы спектрального анализа в режимах одиночных (“local”, SS) и при необходимости – синхронных двухточечных зондирований с удаленной базой (“remote reference”, RR). Применяемые на всех уровнях обработки робастные методы оценивания эффективно подавляют интенсивные случайные помехи, и, тем самым, позволяют существенно повысить качество получаемых результатов. Для редукации индустриальных помех и сглаживания магнитотеллурических передаточных функций использовалась программа CORRECTOR, разработанная сотрудниками геофизической компании “Северо-Запад”. Для получения МТ-МВ передаточных функций в низкочастотном диапазоне (до 10000 с использовались реализации длительностью порядка 60 часов. Обработка данных полевых измерений состояла из трех основных этапов: 1) обработки временных рядов компонент МТ-поля с вычислением тензора импеданса и матрицы Визе; 2) пересчета кривых кажущегося сопротивления на произвольные направления для определения максимальной и минимальной кривой – малой и большой осей эллипса поляризации магнитотеллурического поля; 3) нормализации кривых кажущегося удельного сопротивления. Полученные кривые МТЗ (модули кажущегося сопротивления и фазы импеданса) показаны на рис. 5. Редактирование кривых, 1D и 2D-инверсия, построение качественных и количественных разрезов производились в программе Rodi-Mackie. Комплекс методических приемов, необходимый для получения достоверной информации о геоэлектрическом разрезе, основан на теоретических и экспериментальных исследованиях для различных геоэлектрических моделей региона. Для зоны Таласо-Ферганского разлома, накоплен

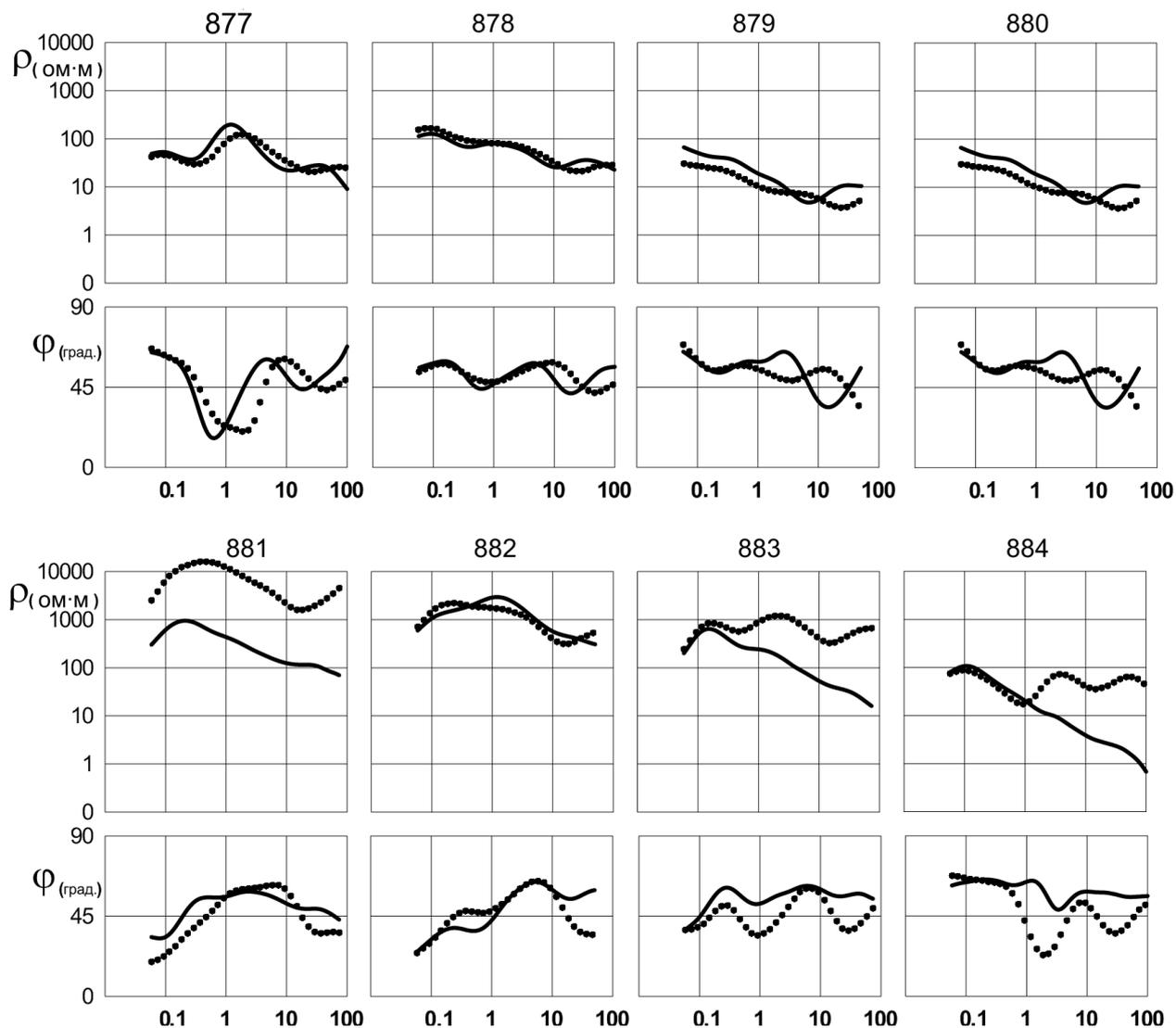


Рис. 5. Амплитудные кривые кажущегося сопротивления $\rho_k(\sqrt{T})$ и фазы импеданса $\varphi(\sqrt{T})$ по Чаткальскому профилю (h-h).

Широтное направление – сплошные линии, меридиональное – пунктир. \sqrt{T} измеряется в сек^{1/2}.

обширный материал, изложенный в диссертационных работах [3, 5].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Одной из основных методических задач, решение которых определяет степень достоверности магнитотеллурических зондирований, является диагностирование и учет влияния эффекта статического сдвига от приповерхностных геоэлектрических неоднородностей, иначе называемых “геологическим шумом”, на форму и уровень продольных кривых МТЗ. Приповерхностные геоэлектрические структуры (зачастую сложной конфигурации), размеры которых соизмеримы с глубиной их залегания, очень сложно задать в интерпретационной мо-

дели и невозможно идентифицировать их вклад в функции отклика.

Влияние “геологического шума” может быть скомпенсировано нормализацией кривых МТЗ и уменьшено в процессе инверсии данных приданием МТ-компонентам меньшего веса, чем МВ-компонентам. Сложность этой задачи усугубляется еще и тем, что осадочный чехол на Тянь-Шане (в пределах профиля) может полностью отсутствовать на горных хребтах и достигать мощности в несколько километров во впадинах, соответственно, широк и диапазон изменения суммарной проводимости чехла. Одним из успешных решений описанной задачи является применяемая в Научной станции РАН методика магнитовариационной нормализации, основанная на приоритетном использовании магнитова-

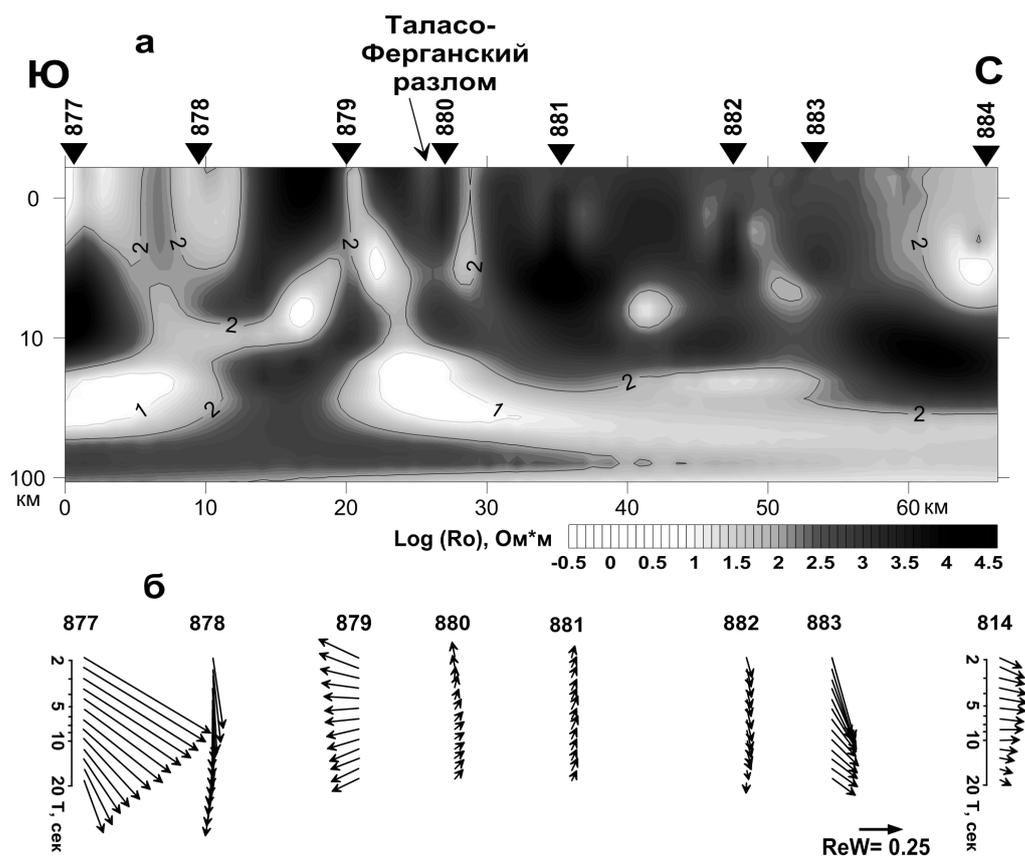


Рис. 6. Результаты 2D инверсии МТ-данных по профилю h-h, полученных с помощью пакета программ Rodi-Mackie (а) в сопоставлении с распределением реальных векторов Визе в интервале периодов от 2 до 20 с (б).

риационных данных по отношению к магнитотеллурическим [25].

В результате обработки полевых материалов МТЗ, для процедуры двумерной инверсии был подготовлен входной ансамбль электромагнитных данных. Инверсия выполнялась с помощью программы Rodi-Mackie в восьми точках профиля длиной 65 км для двух поляризаций электромагнитного поля. Входной ансамбль инвертируемых данных включал в себя значения кажущегося сопротивления, фазы импеданса и типпера, заданные для 76 периодов в интервале от 0.01 до 1000 с. Сеточная аппроксимация модели выполнялась с помощью 32 горизонтальных и 52 вертикальных ячеек. Коэффициент латеральных изменений размера был установлен меньше, чем 1.5 для любых соседних ячеек для того, чтобы удовлетворить требованиям гладкости, установленным в алгоритме программы 2D-инверсии Rodi-Mackie. В инверсионной модели топография рельефа дневной поверхности вдоль профиля отображается с помощью 17 из 32 горизонтальных ячеек. Такая детальная аппроксимация рельефа необходима для обеспечения подбора данных на частотах выше 100 Гц. Параметр “порог ошибки”, устанавливаемый при настройке программ инверсии Rodi-Mackie, является, по сути, об-

ратной величиной весов инвертируемых данных. Он был установлен следующим образом: модуль кажущегося сопротивления (ТЕ-мода) – 100%, модуль кажущегося сопротивления (ТМ-мода) – 10%, фаза импеданса (ТЕ-мода) – 5%, фаза импеданса (ТМ-мода) – 5%, типпера – 5%. Такое распределение весов обеспечивает большее влияние на результат инверсии не подверженных воздействию эффекта статического смещения фаз импедансов, ТМ-моды и типпера. После нескольких тестовых расчетов инверсии было определено значение параметра регуляризации $\tau = 3.0$.

В результате выполненных 100 внутренних итераций в процессе совместной параллельной инверсии всего входного ансамбля данных, погрешность подбора данных по всем компонентам (RMS-невязка) составила 1.85. Результирующая модель профиля Чаткал (h-h) представлена на рис. 6.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам ранее проведенных исследований для большей части территории Киргизского Тянь-Шаня субширотные направления рассматриваются как основные направления тектонических структур, соответственно, продольная компонен-

та тензора импеданса отвечает широтному направлению, а меридиональному – поперечная. Для Чаткальского же профиля (**h-h**), **секущего зону ТФР**, логично было бы предположить, что ось двумерности тектонических структур будет ориентирована вдоль простирания ТФР, т.е. диагонально, как и для ранее выполненных профилей, b-b, d-d, [6]. Рассмотрим положение профиля (**h-h**) по отношению к Таласо-Ферганскому и Атойнокскому разломам (рис. 1) более детально. При пересечении с Чаткальским профилем (**h-h**) Атойнокский глубинный разлом имеет запад-юго-западное простирание, а Таласо-Ферганский разлом – запад-северо-западное. На больших периодах электропроводящие зоны разломов с такой ориентацией могут слиться в единую субширотную зону. В подтверждение этому, азимуты максимальных и минимальных кривых МТЗ для $T > 100$ сек. в пунктах 879 и 880, локализованных в непосредственной близости к зоне ТФР, составляют 0° и 90° . Вектора Визе в интервале периодов от трех до двадцати секунд (рис. 6) направлены вдоль меридиана – к северу (пункт 884) и к югу от аномалии (пункт 879). В средней части участка (пункты 880–882) индукционные стрелки характеризуются малой длиной и произвольной ориентацией, что обычно и наблюдается над “осью” токовой системы. Указанные наблюдения свидетельствуют о том, что ось двумерности для рассматриваемого участка профиля, несмотря на присутствие малоглубинных проводящих объектов в целом ориентирована субширотно. Распределение значений **Skew** для профиля (**h-h**) подтверждает сделанные выводы: только в пунктах 879 и 880 значения **Skew** превышают единицу на низких частотах, на остальных же пунктах наблюдения и по всему профилю на высоких частотах значения **Skew** составляют 0.1–0.2, что указывает на двумерность тензора импеданса. На рис. 6а представлена 2D-модель для профиля (**h-h**), в которой светлыми тонами показаны коровый проводник и субвертикальные проводящие зоны, а темным – высокоомные массивы пород фундамента. Коровые проводники залегают субгоризонтально на глубинах от 20–30 км до 50–55 км. Структура коровой проводимости сходна с таковой для ранее полученных разрезов через зону ТФР. Коровый проводящий слой в интервале между пунктами 879 и 878 прерывается и поперечные токи между северо-восточной и юго-западной частями корового проводника могут перетекать только через субвертикальные зоны. Мощность приповерхностных проводящих образований, через которые происходит перетекание поперечных токов непосредственно под пунктом 879, составляет до 6–7 км, и этого уже достаточно, чтобы здесь не могла сформироваться восходящая поперечная кривая МТЗ. Очевидно, этим и обусловлено отсутствие восходящих поперечных кривых в осевой части Ферганского хреб-

та в зоне ТФР (пункты 879–880 на рис. 5). Однако, структура аномалии электропроводности, приуроченной к зоне ТФР, еще сохраняется, т.е. наблюдается разрыв между северо-восточной (со стороны Нарынской впадины) и юго-западной (со стороны Ферганской впадины) частями корового проводника и присутствуют субвертикальные проводящие зоны. Структура аномалии – сочетание субвертикальных проводящих зон и частей корового проводника на профиле (**h-h**), схожа со структурой аномалии электропроводности Центрального звена зоны ТФР (профиль b-b), показанной на рис. 4

ВЫВОДЫ

Проведенные дополнительные магнитотеллурические зондирования с аппаратурой нового поколения по Чаткальскому профилю в западной части Таласо-Ферганского разлома подтвердили ранее высказываемые предположения о пространственной структуре электропроводности земной коры зоны ТФР. Сочетание коровых проводящих слоев и субвертикальных проводящих зон на этом профиле имеет, в основном, тот же характер, что и повсеместно вдоль всей зоны ТФР. Наше внимание было сосредоточено на западном окончании Таласского звена аномалии электропроводности, приуроченной к зоне Таласо-Ферганского разлома. Здесь следует отметить следующее: во-первых, приповерхностные проводящие объекты, через которые происходит перетекание поперечных токов между северо-восточной и юго-западной частями корового проводника, имеют высокую мощность (до 7 км) и, соответственно, высокую суммарную проводимость, вследствие чего, поперечные кривые МТЗ не являются восходящими. Во-вторых, ширина высокоомного блока разделяющего северо-восточную и юго-западную части корового проводника по профилю **h-h** составляет около 10 км, в то время как повсеместно вдоль всей зоны ТФР она оценивается в 35–40 км. Таким образом, на основании результатов интерпретации новых МТ-данных, полученных по Чаткальскому профилю (71.5° в.д.), можно говорить о существовании тенденции к ослаблению аномалии электропроводности, приуроченной к зоне ТФР.

Представленные исследования осуществляются в рамках функционирования Научно-образовательного центра, организованного Научной станцией РАН и Киргизско-Российским Славянским университетом, при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ по выполнению федеральной целевой программы “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” (государственный контракт № 02.740.11.0730) и частично при поддержке РФФИ, грант 10-05-00572-а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Адамова А.А., Сабитова Т.М.* Трехмерная скоростная модель земной коры Тянь-Шаня // *Физика Земли*. 2004. № 5. С. 58–67.
2. *Бабаджанов Т.Л., Басов М.Д., Гатина Р.М. и др.* Южно-Тянь-Шаньская аномалия электропроводности // *Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли*. 1986. № 7. С. 79–90.
3. *Баталев В.Ю.* Глубинное строение и геодинамика западной части Киргизского Тянь-Шаня по данным магнитотеллурических и магнитовариационных зондирований. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск: ИГМ СО РАН, 2002. 24 с.
4. *Баталев В.Ю., Рыбин А.К., Щелочков Г.Г. и др.* Таласо-Ферганский разлом – глубинное строение и геодинамика (на основе данных геоэлектрики) // *Геодинамика и геоэкологические проблемы высокогорных регионов: мат-лы Второго междунар. симпоз.* Москва–Бишкек: Printhouse, 2003. С. 180–189.
5. *Баталева Е.А.* Глубинная структура крупнейших разломных зон западной части Киргизского Тянь-Шаня и современная геодинамика (по данным магнитотеллурических зондирований). Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск. ИГМ СО РАН, 2005. 20 с.
6. *Баталева Е.А., Буслов М.М., Рыбин А.К. и др.* Аномалии электропроводности зоны Таласо-Ферганского разлома и геодинамическая интерпретация глубинной структуры Юго-Западного Тянь-Шаня // *Геология и геофизика*. № 9. 2006. С. 1026–1032.
7. *Баталева Е.А., Рыбин А.К., Баталев В.Ю. и др.* Геодинамика и глубинное строение зоны Таласо-Ферганского разлома // *Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов: мат-лы всерос. конф. Т. 1.* Архангельск: Институт экол. Проблем Севера АНЦ Уро РАН, 2004. С. 87–90.
8. *Баталева Е.А., Рыбин А.К., Баталев В.Ю. и др.* Явление вытеснения поперечного тока в зоне Таласо-Ферганского разлома и некоторые геодинамические выводы // *Геодинамические, сейсмологические и геофизические основы прогноза землетрясений и оценки сейсмического риска: мат-лы Пятой казахстанско-российской междунар. конф.* Алматы: Умит, 2005. С. 82–88.
9. *Белявский В.В.* Геоэлектрическая модель Центральной и Восточной частей Средней Азии // *Физика Земли*. 1996. № 1. С. 5–12.
10. *Бердичевский М.Н., Борисова В.П., Голубцова Н.С. и др.* Опыт интерпретации МТ-зондирований в горах Малого Кавказа // *Физика Земли*. 1996. № 4. С. 99–117.
11. *Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И., Новиков Д.Б., Пастушан В.В.* Анализ и интерпретация магнитотеллурических данных. М.: Диалог-МГУ, 1997. 161 с.
12. *Берлинов А.К., Ефанов Е.В., Кузнецов В.А., Трапезников Ю.А.* Магнитотеллурическое зондирование в Ферганской долине // *Строение и геофизическая характеристика земной коры и верхней мантии в Центральной части Средней Азии.* Ташкент: ТашГУ, 1983. С. 28–34.
13. *Буртман В.С.* Таласо-Ферганский сдвиг (Тянь-Шань). М.: Наука, 1964. 143 с.
14. *Земная кора и верхняя мантия Тянь-Шаня в связи геодинамикой и сейсмичностью / Отв. Ред. А.Б. Бакиров.* Бишкек: Илим, 2006. 116 с.
15. *Китаева Л.М., Кулик С.Н., Логвинов О.М., Юдахин Ф.Н.* Киргизский Тянь-Шань // *Тектоносфера Средней Азии и Южного Казахстана / Отв. ред. В.В. Гордиенко, Б.Б. Тальвирский.* Киев: Наукова Думка, 1990. 232 с.
16. *Лосихин Л.Н., Матюков Е.К., Пазников В.А. и др.* Неполяризуемый электрод для наземной геофизической электроразведки. Патент на полезную модель RU 123979 U1 опубликовано 10.01.2013 г.
17. *Макаров В.И.* Новейшая тектоническая структура Центрального Тянь-Шаня. М.: Наука, 1977. 171 с.
18. *Макаров В.И., Скобелев В.Ф., Трифонов В.Г. и др.* Глубинная структура земной коры на космических изображениях // *Исследование природной среды космическими средствами: Геология и геоморфология.* Т.2. М.: ВИНТИ, 1974. С. 9–42.
19. *Макаров В.И., Соловьева Л.И.* Неотектонические поперечные структуры Тянь-Шаня и их выражение на космических снимках // *Изв. вузов. Геология и разведка*. 1975. № 2. С. 10–18.
20. *Рыбин А.К.* Глубинные электромагнитные зондирования в Центральной части Киргизского Тянь-Шаня. Автореф. дис. ... канд. физ.-м. н. М.: МГУ, 2001. 20 с.
21. *Рыбин А.К.* Глубинное строение и современная геодинамика Центрального Тянь-Шаня по результатам магнитотеллурических исследований. М.: Научный мир, 2011. 232 с.
22. *Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е.* Глубинные геоэлектрические модели Центрального Тянь-Шаня и их геодинамические следствия // *Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы: тез. докл. Четвертого междунар. симпоз.* Москва–Бишкек: НС РАН, 2008. С. 215–216.
23. *Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Щелочков Г.Г. и др.* На пути построения трехмерной геоэлектрической модели земной коры и верхней мантии Тянь-Шаня // *Геодинамика и геоэкологические проблемы высокогорных регионов: мат-лы Второго междунар. симпоз.* Москва–Бишкек: Printhouse, 2003. С. 164–179.
24. *Современная геодинамика областей внутриконтинентального коллизионного горообразования (Центральная Азия).* М.: Научный мир, 2005. 420 с.
25. *Трапезников Ю.А., Андреева Е.В., Баталев В.Ю. и др.* Магнитотеллурические зондирования в горах Киргизского Тянь-Шаня // *Физика Земли*. 1997. № 1. С. 3–20.
26. *Трифонов В.Г., Макаров В.И., Скобелев В.Ф.* Таласо-Ферганский активный правый сдвиг // *Геотектоника*. № 5. 1990. С. 81–92.
27. *Юдахин Ф.Н.* Геофизические поля, глубинное строение и сейсмичность Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1983. 248 с.
28. *Юдахин Ф.Н.* Таласо-Ферганский разлом – новейшая структура в геодинамике Тянь-Шаня // *Геологическое строение и сейсмичность Токтогульского и Фрунзенского полигонов.* Фрунзе: Илим, 1988. С. 105–112.
29. *Trifonov V.G., Makarov V.I., Skobelev S.F.* The Talas-Fergana active right lateral fault // *Ann. Tectonicae. Special Issue*. 1992. Supplement to V. 6. P. 224–237.

Рецензент К.С. Иванов

Deep structure of the western area of Talas-Fergana fault as a result of magnetotelluric sounding

V. Y. Batalev, E. A. Bataleva, V. E. Matyukov, A. K. Rybin

Research Station of the Russian Academy of Sciences in Bishkek

The new magnetotelluric studies have been carried out in the area of Talas-Fergana fault. Works were performed with modern equipment of Canadian company "Phoenix" with registration field periods up to 10000 s. The results of the new interpretation of magnetotelluric data from the Chatkal profile in the north-western part of the study area indicate the existence of the tendency to weaken of the detected earlier electroconductivity anomaly which confined to the zone of Talas-Fergana fault.

Key words: *magnetotelluric sounding, correction, 2D-inversion, impedance tensor, Talas-Fergana fault.*