

СТРОЕНИЕ ЛИТОСФЕРЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ ПО ДАННЫМ ГЕОЭЛЕКТРИКИ И СЕЙСМОТОМОГРАФИИ

Баталев В. Ю., Баталева Е. А.

Научная станция РАН, Бишкек.

Глубинные массивы эклогитов, выделенные в результате петрологической интерпретации в зоне сочленения Тарима и Тянь-Шаня, отражаются в сейсмотомографической модели в виде положительных аномалий V_p . Совместный анализ геоэлектрической и сейсмотомографической моделей свидетельствует об отсутствии зоны частичного плавления на глубинах 90-120 км.

Ключевые слова: магнитотеллурическое зондирование, аномалия электропроводности, петрологическая интерпретация, плавление перидотита, сейсмотомография, флюид

В результате сопоставления данных лабораторных измерений электропроводности [1] с результатами 2D инверсии данных магнитотеллурических зондирований (МТЗ), на геоэлектрическом разрезе [2] по условиям методики петрологической интерпретации [3] были выделены участки, соответствующие эклогитам, шпинелевым лерцолитам и гранулитам. Выделенные массивы глубинных пород оконтурены изолиниями электросопротивления, положением границы Мохо, которая в соответствии с нашими представлениями расположена между массивами гранулитов и лерцолитов, а так же, что касается эклогитов, исходя из конфигурации структур, определяемой «субдукционным сценарием», как это показано на рисунке 1.

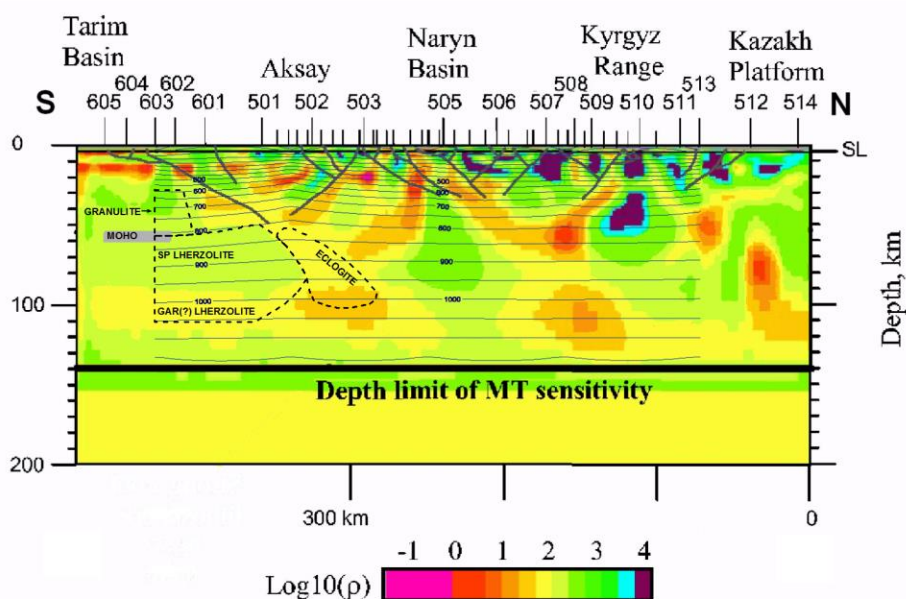


Рис. 1. Предполагаемые контуры глубинных массивов шпинелевых лерцолитов, эклогитов (эклогитоподобных пород) и гранулитов на геоэлектрической модели по профилю 76° в.д. через Тянь-Шань [2], числами над разрезом показаны номера пунктов ГМТЗ

Предполагается, что в зоне сочленения Тянь-Шаня и Тарима в горизонтах пород, составляющих литосферную мантию, не содержится свободного флюида или частичного расплава в количестве, достаточном для формирования аномальных проводящих объектов, а электропроводность этих горизонтов, в основном, обуславливается их вещественным составом и распределением температур. В интервале температур от $\sim 750^\circ\text{C}$ до $\sim 950^\circ\text{C}$, что соответствует глубинам литосферной мантии, результаты «сухих опытов» лабораторных измерений электропроводности образцов эклогитов и шпинелевых лерцолитов совпадают со значениями электропроводности по рассматриваемым участкам вертикальных профилей МТЗ. Расположение глубинного массива эклогитовых пород в зоне пологого поддвига Таримской платформы под земную кору Тянь-Шаня и морфология проводящих

структур соответствуют субдукционно-коллизийному сценарию, что является дополнительным аргументом для такой интерпретации.

Аномалии электросопротивления в литосферной мантии на глубинах 50 - 100 км (рис. 1), объясняются составом пород глубинных массивов, а не особенностями распределения поля температур, так как изотермы тепловой модели не имеют значительных неоднородностей. Кроме того, субдукция океанской коры Туркестанского палеоокеанического бассейна под территорию современного Тянь-Шаня с юга, а также Илийского и Джунгаро-Балхашского бассейнов с севера является доказанным фактом [4, 5], вследствие чего в литосферной мантии соответствующих участков формировались массивы эклогитов и эклогитоподобных пород. Эксгумация эклогитов в Атбашинской зоне, в Актюзском блоке, и в урочище Макбал подробно описана в работах Бакирова А.Б., Симонова В.А., Алексеева Д.В., Кренера А., Конопелько Д.Л., Gao J., Klemm R. и др. Массивы эклогитов, согласно лабораторным измерениям электропроводности, являются более проводящими, чем перидотитовые породы (шпинелевые лерцолиты), вследствие чего, выделяются на геоэлектрическом разрезе (рис. 1).

Геохимические данные исследований ксенолитов глубинных пород [1] свидетельствуют о частичном плавлении в истории формирования лерцолитов Центрального Тянь-Шаня. Однако по результатам МТЗ очевидно, что электропроводность слоя, расположенного в геоэлектрической модели [2] на глубинах 90-120 км (рис. 1), не может быть обусловлена частичным плавлением: *во-первых*, величина удельного сопротивления в рассматриваемой модели на глубине 90-120 км составляет около 100 Ом·м, т.е. существенно выше, чем таковая для частичного расплава. Согласно лабораторным измерениям [6] электросопротивление лерцолитов с частичным расплавом оценивается 0.2 - 0.5 Ом·м, при содержании расплава 11-22 объемн. %, следовательно, в рассматриваемом глубинном горизонте расплав может присутствовать лишь в малых количествах (<1 %) или в изолированных камерах [2]. *Во-вторых*, в сейсмотомографических разрезах [7, 8], на этих глубинах не выделен слой пониженных сейсмических скоростей, соответствующий астеносферному плавлению вещества. Температура плавления перидотитов для рассматриваемых глубин может снижаться за счет присутствия флюида (кривая 0.1 мас. % H₂O), как это показано на диаграмме (рис. 2) [9].

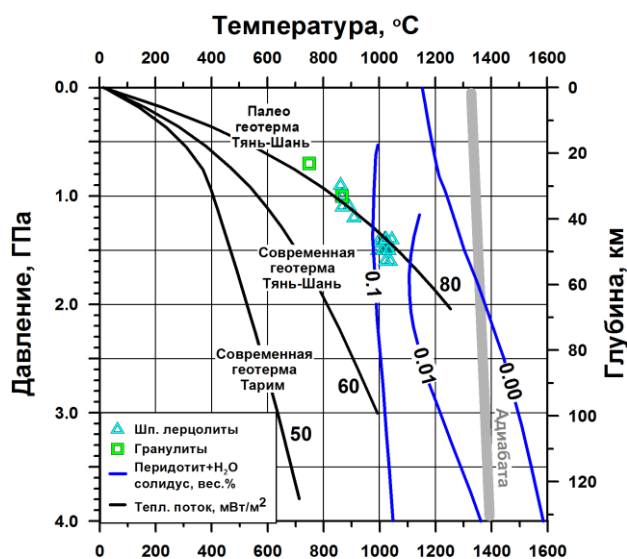


Рис. 2. РТ-диаграмма с геотермами для южной части меридионального профиля 76° в.д. и солидусами перидотита с различным содержанием H₂O в мас. % по [9]

В этом случае присутствие 0.1 мас. % H₂O (1000 ppm) увеличит электропроводность шпинелевых лерцолитов, по расчетам [10], на порядок, что противоречит геоэлектрической модели. На рисунке 3 совмещены геоэлектрический разрез [2] и соответствующая ему часть сейсмотомографической модели [7]. При сопоставлении разрезов наблюдается хорошее соответствие крупных аномальных объектов, выделяемых обоими методами. Для удобства описания на рисунках 3 и 4 они обозначены буквами. Наиболее интересными объектами представляются следующие: «А» – зона пониженных сейсмических скоростей и пониженных электросопротивлений, расположенная, в

основном, под поверхностью поддвига Тарима под Тянь-Шань. Представляется оправданным объяснение этой аномалии через присутствие флюидной компоненты в массивах субдуцированных в карбоне ($C_{1,2}$) пород [5]. «Б» – зона повышенных скоростей и повышенных электросопротивлений; «В» – зона интенсивной положительной аномалии скоростей продольных сейсмических волн (V_p) и столь же интенсивной положительной аномалии электросопротивлений.

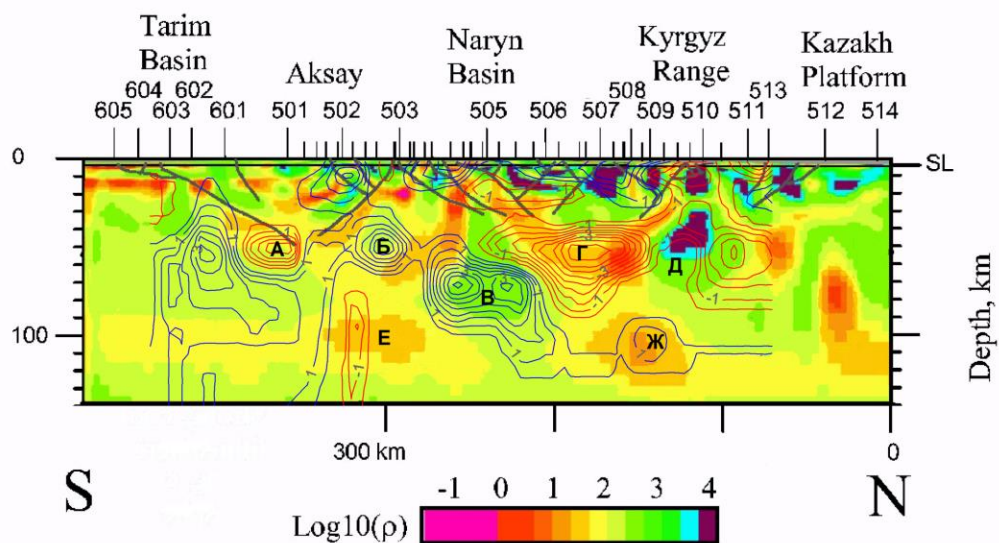


Рис. 3. Соответствие аномальных объектов геоэлектрической модели и аномалий скоростей продольных сейсмических волн [7]. Геоэлектрический разрез по [2], числами над разрезом показаны номера пунктов ГМТЗ. Описание участков моделей (зон), обозначенных буквами приводится в тексте

В геоэлектрическом разрезе под Нарынской впадиной обращает на себя внимание высокоомное тело, расположенное в диапазоне глубин от ~20 км до ~90 км, и характеризующееся величиной электросопротивления 3000 – 6000 Ом·м. Очевидно, что это тело не может быть представлено одним типом пород, так как внутри указанного диапазона глубин температура возрастает от ~400°C до ~900°C и, соответственно, электросопротивление (одного типа пород) при этом должно уменьшиться в несколько раз. Таким образом, разделение геоэлектрической зоны «В» на две части по сейсмотомографическим данным является косвенным подтверждением этого предположения. Нижняя же часть геоэлектрической зоны «В» хорошо соответствует положительной аномалии сейсмических скоростей. Зона «Г», которая характеризуется пониженными сейсмическими скоростями и пониженными значениями электросопротивления, располагается преимущественно под основанием и с боков Иссык-Кульского микроконтинента [11].

Обращает на себя внимание отрицательная аномалия (около -1.2%), расположенная в земной коре Тянь-Шаня, протяженностью от Тарима до Киргизского хребта, которой соответствует зона повышенной коровой электропроводности, представленная не единым электропроводящим слоем, как это считалось раньше, а последовательностью наклонно залегающих электропроводящих объектов (зоны «А», «Г» и нескольких более мелких). Некоторые из них имеют форму листрических разломов и разделяют высокоомные блоки земной коры. Уменьшение скоростей продольных сейсмических волн в земной коре Тянь-Шаня на рассматриваемом участке профиля подтверждает флюидную природу коровой электропроводности. Положительные аномалии скоростей продольных сейсмических волн приурочены к фундаменту Таримского блока и Казахской платформы. Эклогитовому массиву (рис. 1), расположенному в геоэлектрическом разрезе под пунктами 502-503 на глубинах порядка 85-105 км (зона «Е» на рис. 4), соответствует положительная аномалия скоростей продольных сейсмических волн V_p (+1.2%). Повышенные значения скоростей продольных сейсмических волн в рассматриваемом массиве свидетельствуют о его высокой плотности, подтверждая тем самым и данные об эклогитовом составе массива. Зона «Ж» на рисунке 4, предположительно имеющая эклогитовый состав, не выделяется положительной аномалией сейсмических скоростей, как зона «Е», где эклогитовый состав подтвержден лабораторными измерениями электропроводности, а характеризуется лишь уменьшением интенсивности отрицательной аномалии скоростей V_p .

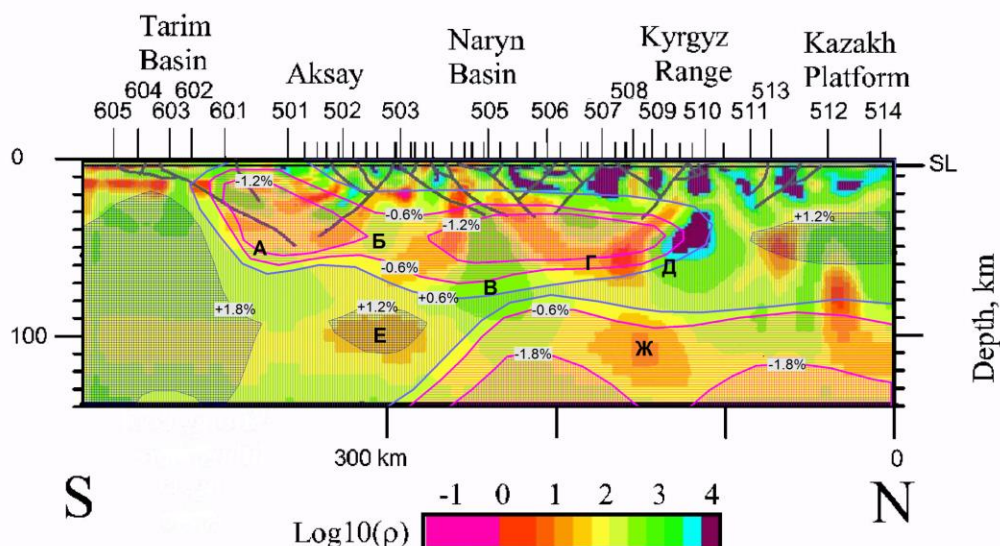


Рис. 4. Соответствие коровых проводников и аномалий скоростей продольных сейсмических волн [8].
 Геоэлектрический разрез по [2], числами над разрезом показаны пункты МТЗ. Описание участков моделей, обозначенных буквами, приводится в тексте

1. Bagdassarov N., Batalev V., Egorova V. State of lithosphere beneath Tien Shan from petrology and electrical conductivity of xenoliths // *Journal of Geophysical Research*. 2011. V. 116. B01202. doi:10.1029/2009JB007125.
2. Bielinski R.A., Park S.K., Rybin A., Batalev V., Jun S., Sears C. Lithospheric heterogeneity in the Kyrgyz Tien Shan imaged by magnetotelluric studies // *Geophysical Research Letters*. 2003. V. 30. № 15. 1806. doi:10.1029/2003GL017455.
3. Баталев В.Ю. Петрологическая интерпретация магнитотеллурических данных глубинной зоны сочленения Тарима и Тянь-Шаня // *ДАН*. Т. 438. № 2. 2011. С. 212-216.
4. Буртман В.С. Геодинамика палеоокеанических бассейнов Тянь-Шаня, Памира и Тибета // *Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы: Сб. материалов Четвертого международного симпозиума 15-20 июня 2008 года. Москва-Бишкек. 2009. С. 45-52.*
5. Буртман В.С. Тянь-Шань и Высокая Азия: Геодинамика в кайнозое. М.: ГЕОС, 2012. 188 с.
6. Литасов К.Д. Физико-химические условия плавления мантии в присутствии летучих компонентов (по экспериментальным данным). Автореф. дис. докт. геол.-мин. наук. Новосибирск. 2011. 35 с.
7. Li Z.W., Roecker S., Li Z.H., Wei B., Wang H., Schelochkov G., Bragin V. Tomographic image of the crust and upper mantle beneath the western Tien Shan from the MANAS broadband deployment: Possible evidence for lithospheric delamination // *Tectonophysics*. 2009. V. 477. P. 49–57.
8. Koulakov I.Y. High-frequency P and S velocity anomalies in the upper mantle beneath Asia from inversion of worldwide travel time data // *Journal of Geophysical Research*. 2011. V. 116 (B04301). P. 1–22.
9. Maumus J, Bagdassarov N, Schmeling H. Electrical conductivity and partial melting of mafic rocks under pressure // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2005. V. 69: 4703-4718, doi:10.1016/j.gca.2005.05.010.
10. Wang D., Heping L., Yi L., Shi B. The electrical conductivity of upper-mantle rocks: water content in the upper mantle // *Physics and Chemistry of Minerals*. 2008. 35: DOI 10.1007/s00269-007-0207-1. P.157-162.
11. Buslov M.M., Klerkx J., Abdrakhmatov K., Delvaux D., Batalev V.Yu., Kuchai O.A., Dehandschutter B., Muraliev A. Recent strike-slip deformation of the northern Tien Shan. In: Storti, F., Holdsworth, R.E., Salvini, F. Intraplate strike-slip deformation belts. Geological Society of London, Special Publication. 2003. V. 210. P.53-64.