

# Некоторые результаты магнитотеллурических наблюдений в геофизической обсерватории МГУ «Александровка»

Т.А. Родина<sup>1</sup>, Ив.М. Варенцов<sup>2</sup>, Е.В. Мойланен<sup>1</sup>, П.Ю. Пушкарев<sup>1</sup>, Н.Л. Шустов<sup>1</sup>, А.Г. Яковлев<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> – Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

<sup>2</sup> – ЦГЭМИ ИФЗ РАН, Москва

<sup>3</sup> – ООО «Северо-Запад», Москва

Уже почти пять лет на базе МГУ в д. Александровка Калужской области функционирует геофизическая обсерватория. Запись вариаций магнитотеллурического поля ведётся с помощью обсерваторского магнитометра LEMI-025 и низкочастотных станций LEMI-417M. Изучается корреляция низкочастотных вариаций электромагнитного поля с солнечной активностью. Получаемые в результате обработки записей разных лет компоненты тензора импеданса и матрицы Визе-Паркинсона совпадают с высокой точностью, а также хорошо согласуются с результатами более короткопериодных зондирований с аппаратурой MTU-5. Сводная кривая магнитотеллурического зондирования и выполненного ранее в обсерватории «Москва» магнитовариационного зондирования позволила получить геоэлектрический разрез осадочного чехла, земной коры и верхней мантии.

Геофизическая база в д. Александровка Юхновского района Калужской области была основана в 1960 г. сотрудниками лаборатории электроразведки ВНИИГеофизики. Выбор места был обусловлен удаленностью от электрифицированных железных дорог, крупных населённых пунктов и других источников электромагнитных помех, а также относительной близостью к Москве и Наро-Фоминску. С 1992 г. на базе проводятся геофизические практики студентов МГУ и других вузов, а с 1995 г. база используется также компанией «Северо-Запад» для развития аппаратуры и методики электроразведочных работ, проведения научно-практических семинаров.

В начале 2011 г. на базе завершилось строительство немагнитного павильона для обсерваторских геофизических наблюдений, состоящего из двух отсеков – для датчиков и для регистрирующей аппаратуры (рис. 1). В нём установлена аппаратура для непрерывной регистрации геофизических полей, в том числе обсерваторский трёхкомпонентный магнитометр LEMI-025 и низкочастотные магнитотеллурические станции LEMI-417M производства Львовского центра ИКИ НАНУ и НККУ. Магнитные компоненты поля измеряются с помощью феррозондовых датчиков, электрические – с помощью линий длиной 100 м, заземлённых разными типами электродов [1].

Для примера на рис. 2а приведены графики интенсивности рентгеновского излучения, зафиксированного геостационарным спутником GOES-15, и связанного солнечной активностью, а на рис. 2б – записи магнитных и электрических компонент поля, полученные в геофизической обсерватории «Александровка». Сильные вспышки на Солнце, имевшие место 7-го и 8-го сентября 2011-го года, вызвали магнитную бурю на Земле, начавшуюся 9-го сентября, и резко осложнившую графики электромагнитного поля, отражавшие в основном его суточные вариации.

Записи магнитотеллурического поля, выполненные в 2011-2014 годах, были обработаны с помощью программы [2].

На рис. 3а и 3б представлены кривые кажущегося сопротивления и фаз основных компонент тензора импеданса в направлениях измерения (X – на север, Y – на восток), построенные по фрагментам записей, относящимся к четырём годам. В диапазоне периодов от 100 до 10 000 секунд кривые почти не отличаются, за исключением небольшого статического смещения, скорее всего связанного с изменением условий заземления электрических линий. Дополнительные импедансы более изменчивы, но по величине более чем на порядок уступают основным.

На рис. 4а и 4б приведены частотные зависимости вещественных и мнимых частей компонент матрицы Визе-Паркинсона, они также обладают высокой стабильностью во времени. Ввиду ограниченного объёма, на рисунках приведены только результаты, полученные с использованием станции LEMI-417M № 63, однако аналогичные кривые, полученные с помощью станции LEMI-417M № 62, а также компоненты матрицы Визе-Паркинсона, полученные с помощью магнитометра LEMI-025 № 09, отличаются несущественно [3].

В диапазоне периодов от 100 до 1 000 секунд и более построенные кривые очень хорошо совпадают с кривыми, построенными ранее по результатам измерений с аппаратурой MTU-5 производства компании Phoenix Geophysics (Торонто), приведёнными в работе [4].

Эффективные кривые кажущегося сопротивления и фазы импеданса были дополнены в области длинных периодов соответствующими кривыми магнитовариационного зондирования, построенными В.Ю. Семеновым для обсерватории ИЗМИРАН «Москва» [5]. Интерпретация сводных кривых МТЗ-МВЗ выполнена с помощью трёх алгоритмов, её результаты представлены на рис. 5. В консолидированной коре проводящие слои не видны, хотя по алгоритму D+ выявлен проводник (160 См) на глубине порядка 65 км, возможно, являющийся проявлением относительно низкоомных горизонтов нижней коры, находящихся на меньших глубинах. Астеносферный проводник проявляется на глубинах порядка 200 км, а на 700 км виден также среднемантийный проводник [6].

Авторы признательны своим коллегам В.К. Хмелевскому, В.А. Куликову и А.Ю. Палёнову за усилия, увенчавшиеся созданием на геофизической базе МГУ «Александровка» геофизической обсерватории. Мы также благодарны Программе развития МГУ за предоставленные станции LEMI и компании «Северо-Запад» за создание павильона для обсерваторских геофизических наблюдений.

## Библиографический список

- Шустов Н.Л., Куликов В.А., Мойланен Е.В., Палёнов А.Ю., Пушкарев П.Ю., Хмелевской В.К., Яковлев А.Г. Создание геофизической обсерватории на Александровской базе геофизических практик геологического факультета МГУ (Калужская область). Вестник Московского Университета, Серия 4 (Геология), 2012, № 4, с. 44-48.
- Варенцов Ив.М. Программная система PRC\_MTMV для обработки данных синхронных МТ/МВ зондирований. Материалы VI Всероссийской школы-семинара по ЭМ зондированиям им. М.Н. Бердичевского и Л.Л. Ваньяна. Новосибирск, ИНГГ СО РАН, 2013, с. 1-4.
- Родина Т.А. Магнитотеллурический мониторинг в Александровской геофизической обсерватории. Магистерская работа. Москва, Геологический факультет МГУ, 2015, 48 с.
- Александрова Е.Д., Варенцов Ив.М., Верещагина М.И., Куликов В.А., Пушкарев П.Ю., Соколова Е.Ю., Шустов Н.Л., Хмелевской В.К., Яковлев А.Г. Электромагнитные зондирования осадочного чехла и консолидированной земной коры в зоне перехода от Московской синеклизы к Воронежской антеклизе: проблемы и перспективы. Физика Земли, 2010, № 8, с.
- Semenov V.Yu. Regional conductivity structures of the Earth's mantle. Warszawa, Publ. Inst. Geof. Pol. Acad. Sci., 1998.
- Moilanen J., Pushkarev P.Yu. Induction sounding of the Earth's mantle at a new Russian geophysical observatory. Acta Geophysica, 2015, Vol. 63, No. 2, pp. 385-397.



Рис. 1. Павильон геофизической обсерватории МГУ «Александровка», слева – внешний вид, справа – отсек для датчиков

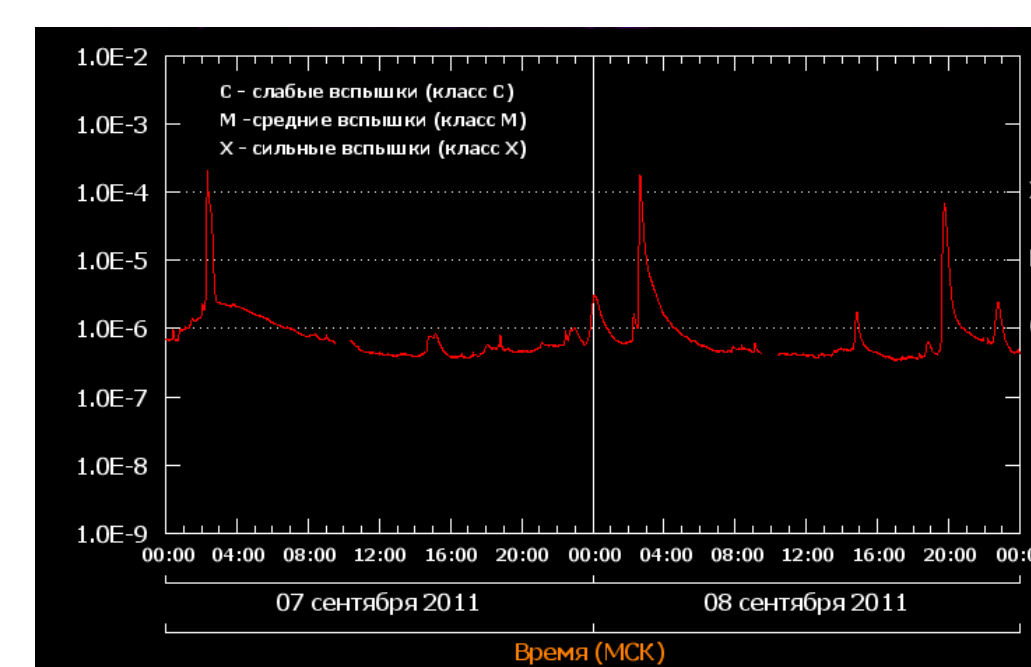


Рис. 2а. Рентгеновское излучение 7-го и 8-го сентября 2011-го года по данным спутника GOES-15.

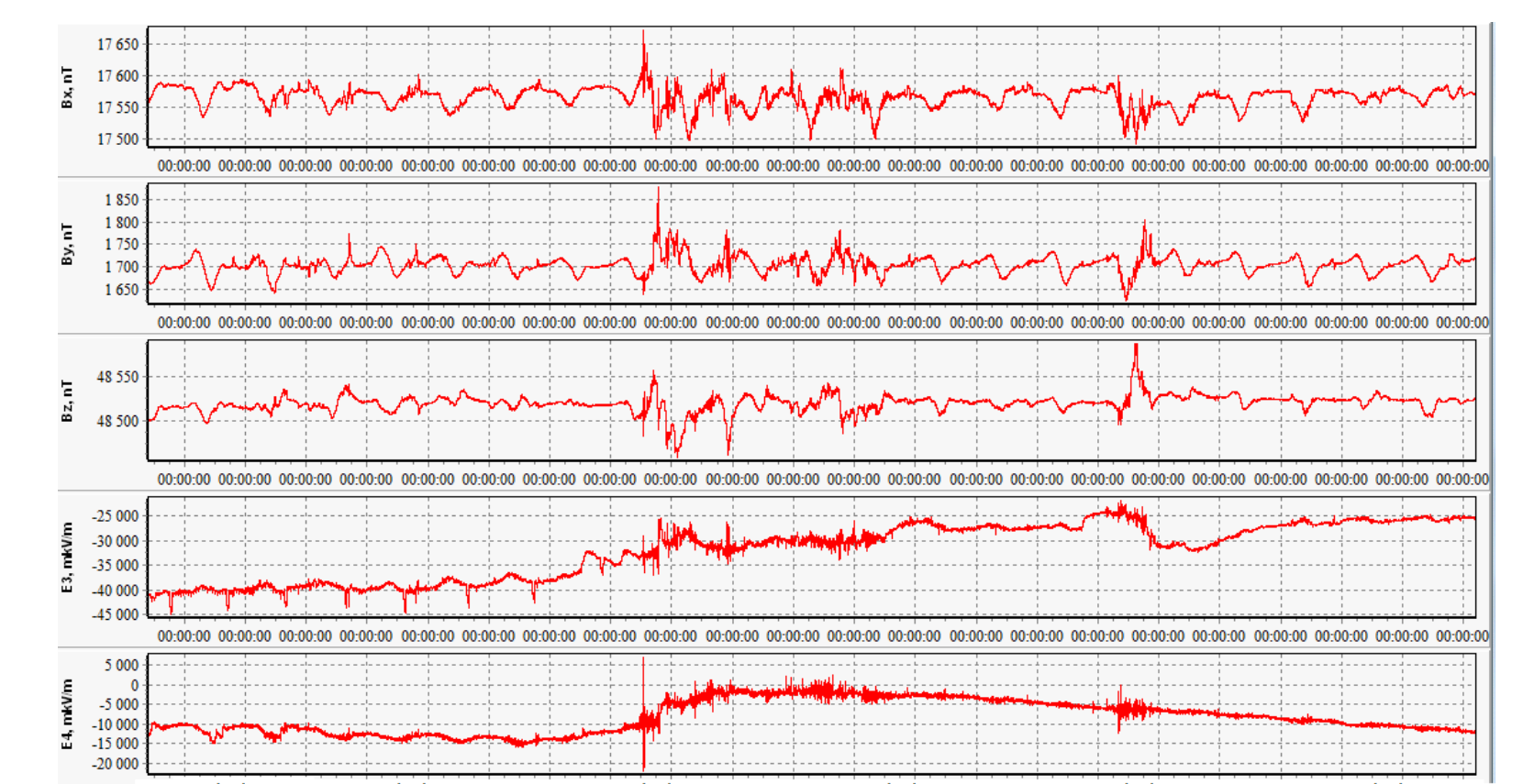


Рис. 2б. Магнитные и электрические компоненты поля, зарегистрированные в обсерватории «Александровка» с 1-го по 22-е сентября 2011-го года.

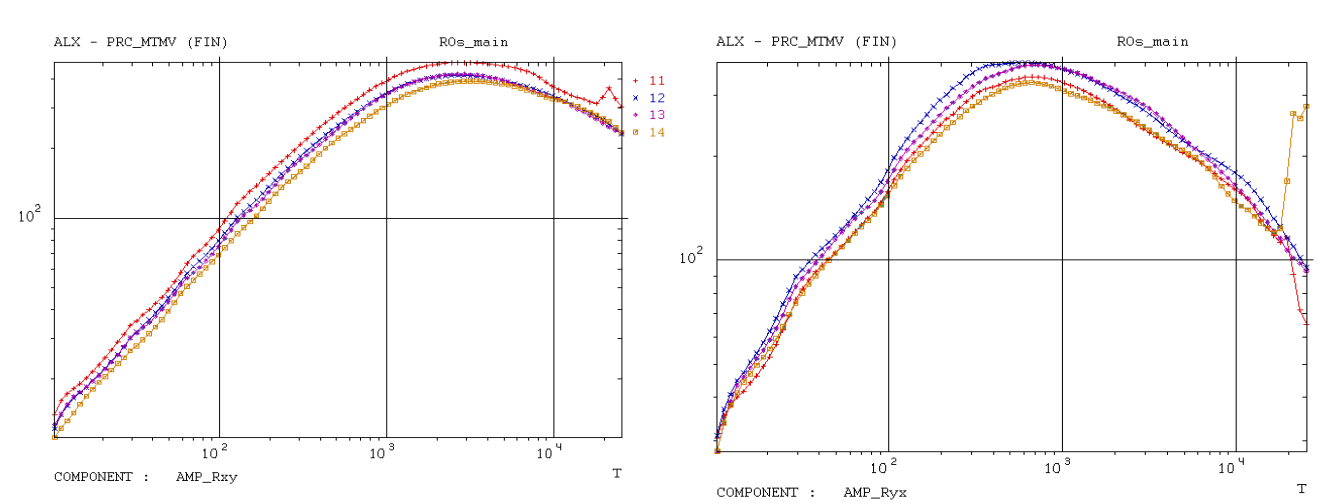


Рис. 3а. Кривые кажущегося сопротивления за 4 года, слева - R<sub>xy</sub>, справа - R<sub>yx</sub>.

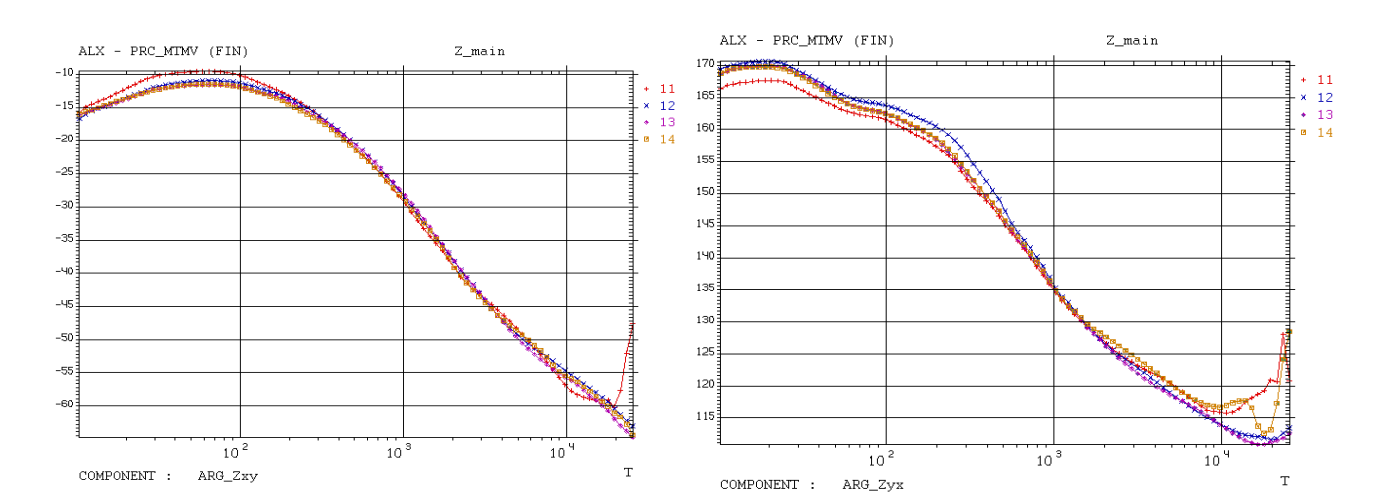


Рис. 3б. Кривые фазы импеданса за 4 года, слева - Ф<sub>xy</sub>, справа - Ф<sub>yx</sub>.

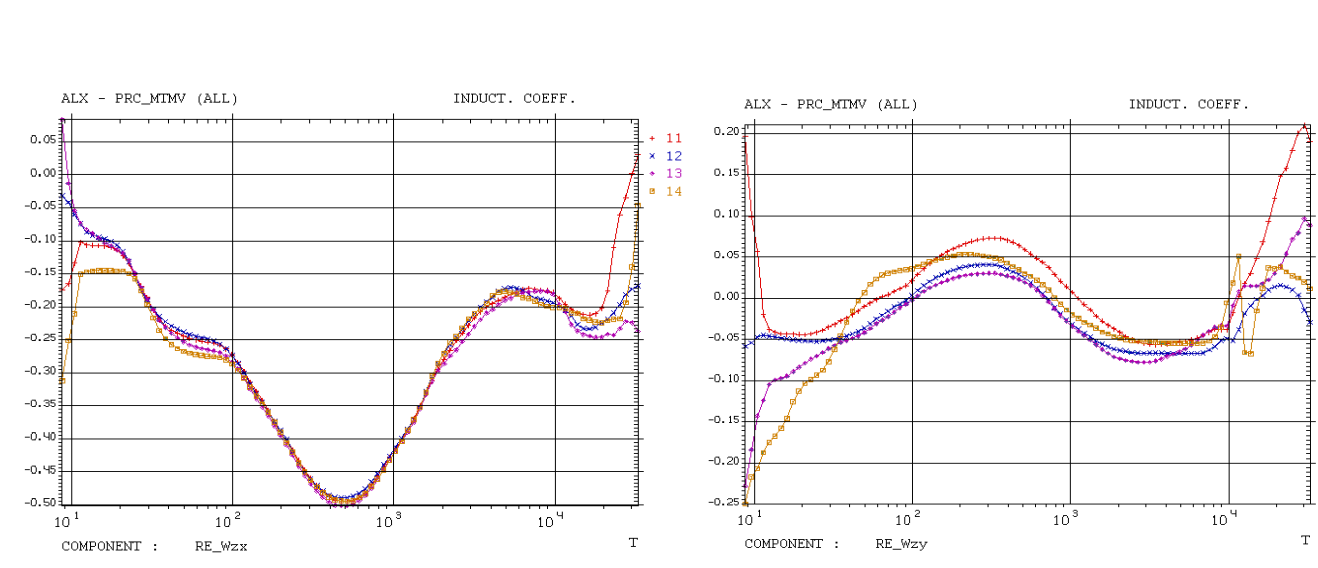


Рис. 4а. Реальные компоненты матрицы Визе-Паркинсона, слева Re(W<sub>zx</sub>), справа - Re(W<sub>zy</sub>).

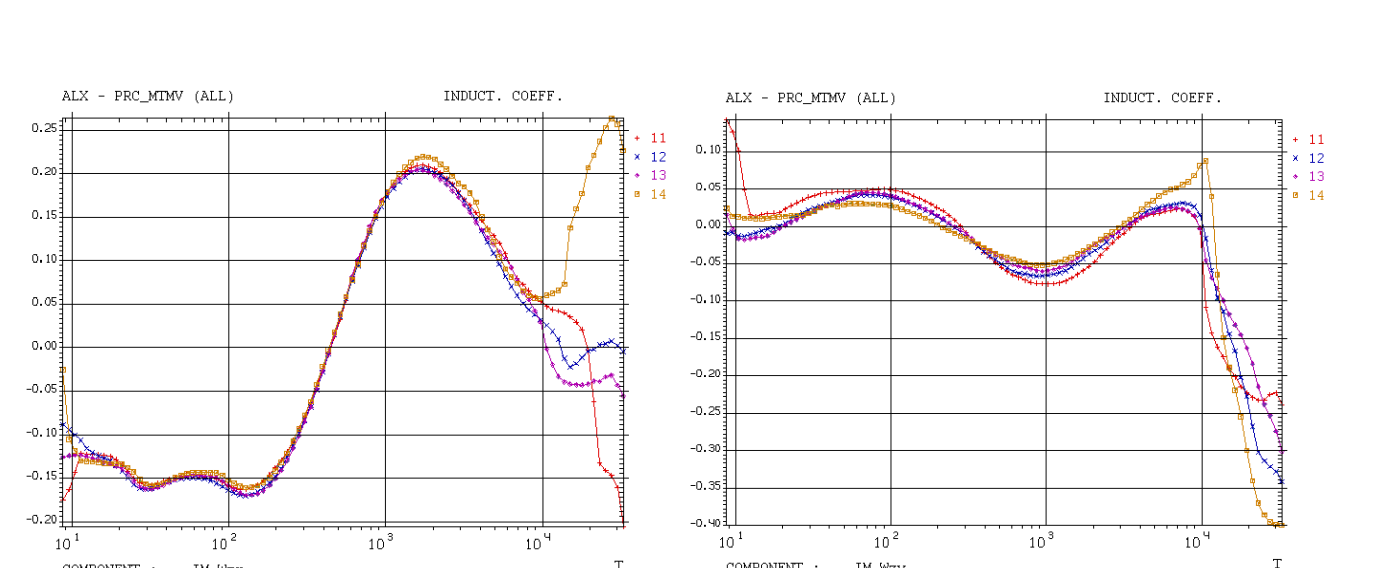


Рис. 4б. Мнимые компоненты матрицы Визе-Паркинсона, слева - Im(W<sub>zx</sub>), справа - Im(W<sub>zy</sub>).

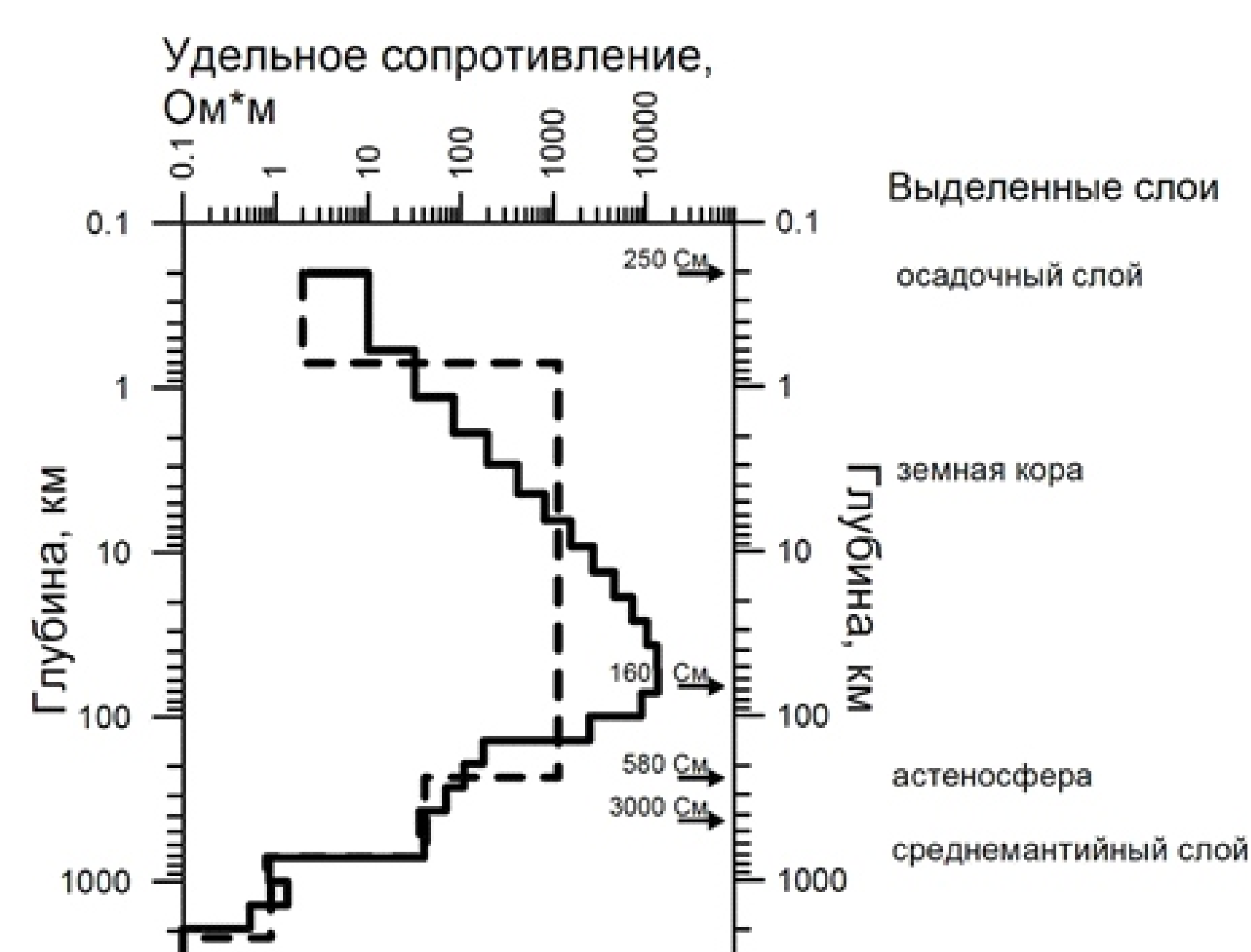


Рис. 5. Результаты 1D инверсии кривой МТЗ-МВЗ: решение по алгоритму D+ показано стрелками с указаниями проводимостей, по Оссам – сплошной, по MSU\_MTI1D – пунктирной линиями.