

УДК 550.837.211

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОШИРОТНЫХ ИОНОСФЕРНЫХ ТОКОВЫХ СИСТЕМ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ИМПЕДАНСА В АРКТИКЕ НА ПРИМЕРЕ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

© 2024 г. В. А. Любич¹*, Ю. А. Шаповалова¹

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение “Полярный геофизический институт”, Мурманск, Россия

*E-mail: lubchich@yandex.ru

Поступила в редакцию 24.08.2023

После доработки 13.11.2023

Принята к публикации 30.11.2023

Изучено влияние высокоширотных ионосферных токовых систем на результаты импедансных измерений на Кольском полуострове. Модельные вычисления и совместный анализ спутниковых данных и данных наземного магнитометра показали возможность искажений при интерпретации геофизических данных в условиях высокоомных пород земной коры, обусловленных пространственной близостью токовых систем.

Ключевые слова: импеданс, магнитотеллурическое зондирование, ионосферная токовая система, крайне низкочастотный диапазон, индукционный магнитометр, спутниковые геомагнитные данные, кристаллический щит, осадочный чехол, Арктика

DOI: 10.31857/S0367676524030129, EDN: QLWLTK

ВВЕДЕНИЕ

В арктических районах при проведении геофизических работ широко применяется метод магнитотеллурического зондирования (МТЗ) земной коры в силу экономической эффективности, простоты организации съемок и экологической безопасности метода. Как известно, метод МТЗ основан на импедансном подходе — измерении элементов тензора импеданса на земной поверхности в крайне низкочастотном (КНЧ) диапазоне, 0.001–100 Гц, электромагнитных волн от естественных источников поля [1]. В качестве основных источников естественного поля в КНЧ-диапазоне рассматриваются очаги грозовой активности, находящиеся в экваториальной области Земли. Однако при работах методом МТЗ в арктических областях, в частности, на Кольском полуострове, на результаты измерений могут оказывать заметное влияние и магнитосферно-ионосферные источники электромагнитного поля, такие, например, как системы высокоширотных ионосферных токов. Вследствие пространственной близости данных источников от районов проведения геофизических работ может нарушаться плосковолновое приближение электромагнитного поля, на котором базируется импедансный подход.

В статье [2] рассматривались результаты электромагнитного зондирования земной коры с контролируемым источником и магнитотеллурического

зондирования в районах полуостровов Рыбачий и Средний, в северо-западной части Кольского полуострова, и было показано, что графики зависимости кажущегося сопротивления среды от частоты электромагнитного поля, полученные по данным МТЗ, были подвержены сильным искажениям. Возможно, подобные искажения были обусловлены близостью источников поля. Поэтому изучение вопроса о влиянии высокоширотных ионосферных источников естественных электромагнитных полей на результаты интерпретации геофизических данных, полученных методом МТЗ в арктических регионах, имеет большое практическое значение. Однако до сих пор эта проблема остается малоизученной. Так, в работе [3] рассматривалось влияние межпланетного электрического поля, проникающего в полярную ионосферу, на результаты магнитотеллурического зондирования в низких широтах. В результате была установлена статистическая взаимосвязь между изменениями межпланетного электрического поля и колебаниями электромагнитного поля, измеренными наземными станциями, но на очень низких частотах — менее 0.001 Гц. В практике геофизических работ методом МТЗ обычно используются более высокие частоты. В представленной работе рассмотрен частотный диапазон от 0.1 до 50 Гц, что является новым аспектом в изучении поставленной проблемы.

В первой части данной работы приводятся результаты модельных вычислений, проведенных в целях исследования пределов применимости импедансного подхода вследствие близости магнитосферно-ионосферных источников естественного электромагнитного поля. Было показано, что при геофизических работах в пределах высокоомных горных пород кристаллических щитов влияние высокоширотных источников поля может приводить к некорректной интерпретации данных метода МТЗ.

Во второй части статьи показаны результаты совместного анализа экспериментальных данных индукционного магнитометра, расположенного в центральной части Кольского полуострова на территории обсерватории Полярного геофизического института (ПГИ) “Ловозеро”, и спутниковых геомагнитных данных, полученных в рамках проекта AMPERE. В итоге были выявлены примеры возможного влияния полярных токовых систем в дни с возмущенными геомагнитными условиями на результаты интерпретации импедансных измерений для электромагнитных волн КНЧ-диапазона в пределах кристаллического Балтийского щита.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ
МОДЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

В полярной ионосферной токовой системе можно выделить вертикальные токи Биркеланда, втекающие и вытекающие из высокоширотной ионосферы вдоль силовых линий магнитного поля Земли **B**, и горизонтальные токи Холла и Педерсена, распространяющиеся в плоскости, перпендикулярной магнитному полю **B**:

$$j_{\perp} = \sigma_P E_{\perp} - \sigma_H [E_{\perp} \times B] / B, \tag{1}$$

где σ_P — электропроводность Педерсена; σ_H — электропроводность Холла; $E_{\perp}$ — электрическое поле, перпендикулярное магнитному полю **B**. Токи Холла циркулируют вокруг силовых линий магнитного поля, токи Педерсена соединяют зоны втекающих и вытекания токов Биркеланда [4].

В дни с возмущенными геомагнитными условиями горизонтальные токи, циркулирующие в высокоширотной ионосфере, значительно усиливаются. При этом могут возникать мощные линейные токи — авроральные электроджеты, в том числе и в пространственной области над Кольским полуостровом. Все эти обстоятельства могут существенно сказаться на результатах интерпретации импедансных измерений на земной поверхности для электромагнитных волн КНЧ-диапазона.

Для оценки этого возможного влияния были произведены модельные вычисления. В высокоширотной ионосфере на высоте 110 км задавался источник электромагнитного поля в виде длинной горизонтальной токовой линии, моделировавшей

фрагмент электроджета. Длина линии составляла 300 км. При моделировании предполагалось, что точка измерения электромагнитного поля располагается в относительной близости от источника поля, поэтому использовалась горизонтально-слоистая модель электропроводности среды. На основе данных об электропроводности атмосферы и ионосферы, приведенных в работе [5], была предложена шестислойная модель электропроводности среды, параметры которой представлены в табл. 1. Нижний слой модели соответствовал земной коре.

В процессе модельных вычислений для заданного типа источника в высокоширотной ионосфере и выбранной модели электропроводности среды определялись амплитуды горизонтальных компонент электрического E_x и магнитного H_y полей в нескольких пунктах на земной поверхности, находившихся на расстояниях по горизонтали от 5 до 500 км от центра источника в направлении, ортогональном токовой линии. Вычисления проводились на основе алгоритма расчета электромагнитных полей от источников в горизонтально-слоистой среде, изложенного в работе [6]. По этим амплитудам рассчитывались значения импеданса Z_{xy} :

$$Z_{xy} = \frac{E_x}{H_y}. \tag{2}$$

Значения модуля импеданса затем переводились в величины кажущегося сопротивления среды ρ_k :

$$\rho_k = \frac{|Z_{xy}|^2}{\omega \mu}, \tag{3}$$

где ω — круговая частота электромагнитного поля; μ — магнитная проницаемость среды. Величина отклонения значения кажущегося сопротивления среды ρ_k от модельного значения удельного

Таблица 1. Параметры горизонтально-слоистой модели электропроводности атмосферы и ионосферы

Описание слоя	Вертикальные границы слоя z, км	Удельное сопротивление слоя ρ , Ом×м
Земная кора	–30—0	10000; 1000; 100; 10
Нижняя атмосфера	0—30	10^{12}
Верхняя атмосфера	30—60	10^{10}
D-область ионосферы	60—90	10^8
E-слой ионосферы (нижняя часть)	90—110	10^6
E-слой ионосферы (верхняя часть)	110—130	10^5

сопротивления земной коры ρ_E и определяла степень влияния близости ионосферного источника естественного электромагнитного поля на результаты интерпретации измерений, проведенных методом МТЗ.

В целом, значения импеданса на земной поверхности зависели от трех входных параметров модели — частоты электромагнитного поля f , излучаемого источником, горизонтального расстояния от источника до точки наблюдения r и удельного сопротивления земной коры ρ_E . Набор частот электромагнитного поля, использовавшийся при моделировании, относился к КНЧ-диапазону и состоял из следующих частот: 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50 Гц. Именно такой низкочастотный диапазон используется в практике геофизических работ для глубинного электромагнитного зондирования земной коры, и именно в этом диапазоне следует ожидать максимальных искажений кривых МТЗ, обусловленных близостью источников.

Как уже упоминалось, в возмущенные геомагнитные дни в высокоширотной ионосфере могут возникать мощные линейные токи — авроральные электроджеты, область распространения которых может захватывать северные районы Кольского полуострова. Поэтому модельные горизонтальные расстояния от источника до точки наблюдения выбирались в 5 км, что соответствует северным районам полуострова вблизи от магнитосферно-ионосферных источников естественного электромагнитного поля, 50 и 85 км, что соответствует центральным районам полуострова, где расположены стационарные индукционные магнитометры в геофизических обсерваториях ПГИ, и 500 км, что соответствует южным районам полуострова на значительном удалении от источника.

Важным параметром модели являлось удельное сопротивление земной коры ρ_E , которое варьировалось в широком диапазоне значений и принималось равным 10000, 1000, 100, 10 Ом·м. Дело в том, что на подавляющей части Кольского полуострова расположен кристаллический Балтийский щит, для горных пород которого удельное сопротивление составляет порядка 10000 Ом·м и выше. Однако северная окраина Кольского полуострова, а именно, район полуостровов Рыбачий и Средний, расположена в переходной зоне от пород Балтийского щита к осадочным породам южной части Баренцевоморской плиты, где присутствует низкоомный осадочный чехол. Удельное сопротивление осадочных пород может составлять порядка 100 Ом·м и ниже. Этими соображениями и обусловлен выбор диапазона модельных значений сопротивления земной коры ρ_E .

Результаты моделирования показаны на рис. 1. Исходя из анализа представленных графиков, можно сделать следующие выводы. На рис. 1а и 1б рассмотрены зависимости величин кажущегося сопротивления ρ_k , вычисленные через импеданс,

от горизонтального расстояния r от источника до приемника для разных частот электромагнитного поля. Из рис. 1а видно, что в случае высокоомных пород $\rho_E = 10000$ Ом·м кривая кажущегося сопротивления для частоты $f = 0.1$ Гц приближается к модельным значениям удельного сопротивления земной коры на расстояниях от источника r порядка 85 км и более. С ростом частоты поля соответствие значений кажущегося и модельного сопротивлений все более улучшается, уже для частот выше 1 Гц импедансный подход дает хорошие результаты. В случае же низкоомных пород $\rho_E = 1000$ Ом·м (рис. 1б) импедансный подход полностью применим во всем диапазоне рассматриваемых частот f и горизонтальных расстояний r .

Наибольший интерес вызывают частотные зависимости кажущегося сопротивления ρ_k для разных значений параметра r . Из рис. 1в видно, что для кристаллических пород Балтийского щита импедансный подход применим на расстояниях от источника порядка 85 км, на меньших расстояниях наблюдаются отклонения графиков ρ_k от заданной в модели величины удельного сопротивления земной коры на частотах ниже 1 Гц. В случае же более низкоомных осадочных пород импедансный подход применим даже в непосредственной близости от источника при $r = 5$ км (рис. 1г).

На рис. 1д и 1е представлены графики зависимости значений кажущегося сопротивления ρ_k от значений удельного сопротивления земной коры ρ_E для пунктов измерения поля вблизи источника $r = 5$ км и на расстоянии $r = 85$ км соответственно. Рис. 1д демонстрирует, что в окрестности источника только для частот электромагнитного поля ниже 0.5 Гц кривая кажущегося сопротивления отклоняется от прямой, соответствующей модельным значениям удельного сопротивления земной коры, начиная с сопротивлений более 1000 Ом·м.

На основе полученных результатов модельных вычислений можно сделать вывод, что для электромагнитных глубинных исследований осадочных чехлов Арктической зоны применение метода МТЗ, основанного на импедансном подходе, вполне оправданно. Однако при экспериментальных работах на кристаллических щитах, в частности, в пределах Балтийского щита на Кольском полуострове, магнитосферно-ионосферные источники естественного электромагнитного поля вследствие своей пространственной близости могут существенно исказить результаты интерпретации измерений методом МТЗ. Искажения могут быть особенно заметны на частотах электромагнитного поля f менее 1 Гц и в случае малых горизонтальных расстояний r от источника (менее 85 км).

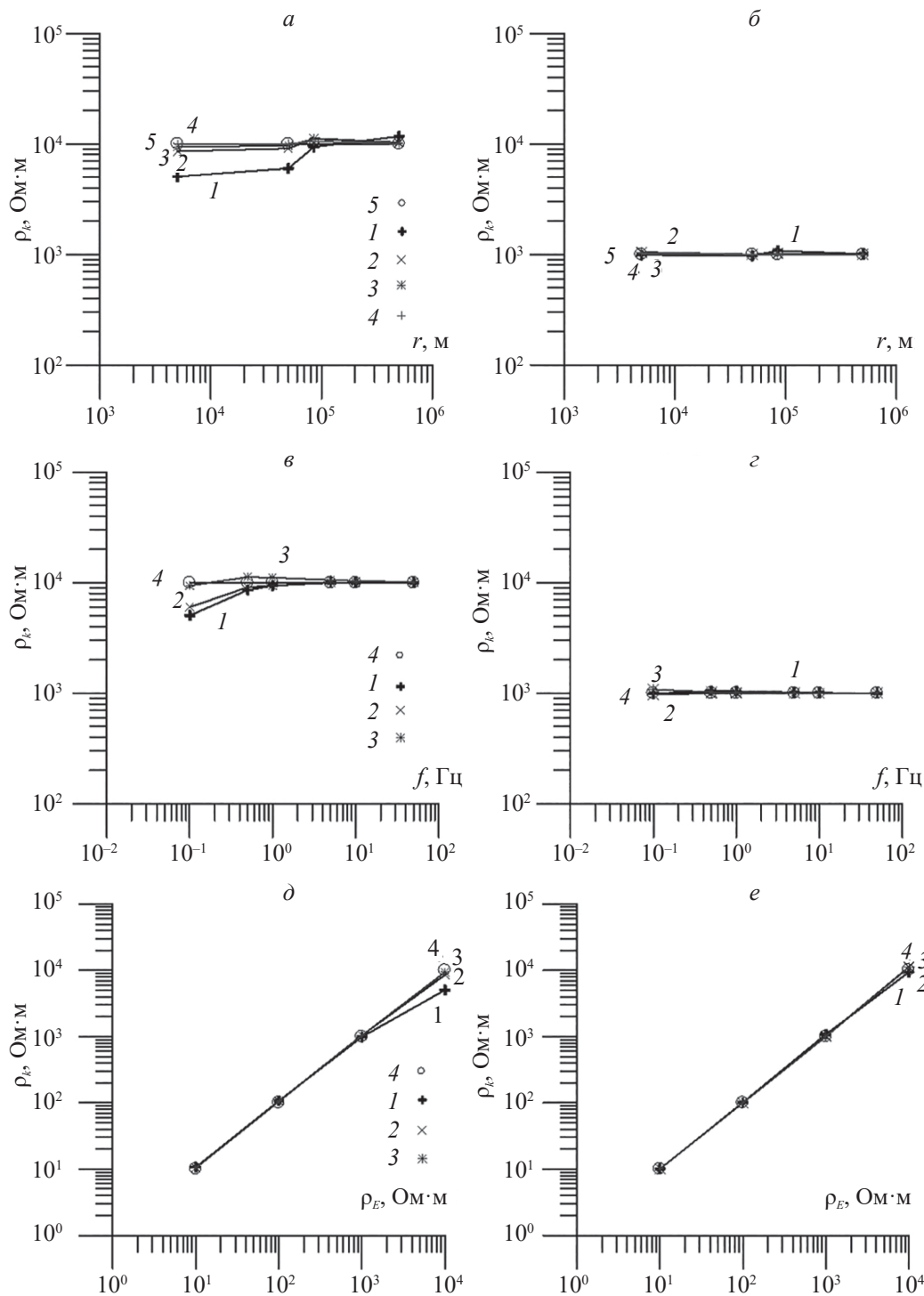


Рис. 1. Графики зависимости кажущегося сопротивления среды ρ_k , рассчитанные через значения импеданса: от горизонтального расстояния до источника r при удельном сопротивлении земной коры $\rho_E = 10000 \Omega \cdot m$ (а); при удельном сопротивлении земной коры $\rho_E = 1000 \Omega \cdot m$ (б) (на графиках а и б цифрами обозначены кривые для частоты электромагнитного поля $f = 0.1$ (1), 0.5 (2), 1 (3), 5 Гц (4), 5 — прямая, соответствующая значению удельного сопротивления земной коры) (в); от частоты электромагнитного поля f при $\rho_E = 10000 \Omega \cdot m$ (в); при $\rho_E = 1000 \Omega \cdot m$ (г) (на графиках в и г цифрами обозначены кривые для точки наблюдения, удаленной от источника на расстояние $r = 5$ (1), 50 (2), 85 км (3), 4 — прямая, соответствующая значению удельного сопротивления земной коры); от значений удельного сопротивления земной коры ρ_E для точки наблюдения на расстоянии $r = 5$ км от источника (д); для точки наблюдения на расстоянии $r = 85$ км (е) (на графиках д и е цифрами обозначены кривые для частоты электромагнитного поля $f = 0.1$ (1), 0.5 (2), 1 Гц (3), 4 — прямая, соответствующая значениям удельного сопротивления земной коры).

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Для выявления примеров возможного влияния магнитосферно-ионосферных источников естественного электромагнитного поля на результаты интерпретации импедансных измерений на Кольском полуострове был проведен совместный анализ данных индукционного магнитометра, расположенного в геофизической обсерватории ПГИ “Ловозеро”, и геомагнитных данных, полученных со спутников Iridium в рамках проекта AMPERE.

Данные анализировались за 2014 г. вследствие наличия наиболее полных годовых экспериментальных данных о горизонтальных компонентах электрического и магнитного полей, полученных с помощью Ловозерского индукционного магнитометра. Задача состояла в выборе дат и интервалов времени в 2014 г. с различным вкладом магнитосферно-ионосферных источников, а именно, с сильным влиянием высокоширотных токовых систем, возникающим при возмущенных геомагнитных условиях, и дат со спокойными геомагнитными условиями, когда влияние токовых систем незначительно.

Для выбора дней с возмущенными геомагнитными условиями использовались данные с ряда сайтов, где предоставлена информация о различных индексах геомагнитной активности за 2014 г. Так, на сайте Центра анализа данных геомагнетизма и космического магнетизма Высшей школы наук Киотского университета (<https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp>) приводится таблица дат с наиболее спокойными и возмущенными геомагнитными условиями, выбранных по оценке индекса Кр. Также с помощью сайта Германского исследовательского центра геонаук GFZ (<https://kp.gfz-potsdam.de>) можно определить даты и трехчасовые интервалы времени с максимальными значениями индекса A_p за год. Дополнительно были привлечены данные с суточными графиками индекса Dst с вышеуказанного сайта Киотского университета. Этот индекс геомагнитной активности в низких широтах был введен как мера изменения горизонтальной H -составляющей магнитного поля Земли, обусловленного кольцевым током, возникающим в магнитосфере во время магнитных бурь. В результате проведенного анализа данных с этих сайтов был определен предварительный список дат и примерных часовых интервалов, для которых геомагнитные условия можно было рассматривать как возмущенные.

В целях определения геомагнитных условий над территорией Кольского полуострова для этих дат был выполнен анализ спутниковых геомагнитных данных, полученных со спутников Iridium в рамках проекта AMPERE и представленных на сайте <https://ampere.jhuapl.edu>. Этот ресурс публикует спутниковые данные о магнитном поле, которые обработаны для представления в скорректированных по высоте геомагнитных координатах AACGM (Altitude Adjusted Corrected Geomagnetic

Coordinates) [7]. Из этих обработанных магнитных данных исключен вклад основного поля Земли и тренда за длительный период. Спутники Iridium вращаются по низким орбитам на высоте примерно 780 км. Анализ этих данных позволил уточнить даты и часовые интервалы с возмущенными геомагнитными условиями, когда зоны резких изменений горизонтальной составляющей магнитного поля захватывали территорию Кольского полуострова.

Наконец, немаловажное значение имело наличие и качество экспериментальных данных, полученных с помощью Ловозерского индукционного магнитометра, для выбранных дат и интервалов времени. В итоге, для выявления возможного влияния магнитосферно-ионосферных источников естественного электромагнитного поля на результаты интерпретации импедансных измерений в центральной части Кольского полуострова были выбраны даты: 20.04.2014 (интервал 15–16 ч по мировому времени UT) и 22.12.2014 (интервал 03–04 ч по UT). Также с помощью этого сайта были выбраны и дни со спокойными условиями для этих же часовых интервалов, а именно, 18.04.2014 и 19.12.2014 соответственно.

На рис. 2 представлены диаграммы геомагнитных данных, полученные с ресурса <https://ampere.jhuapl.edu> для отобранных дат с возмущенными и спокойными условиями. Крестом на диаграммах обозначено местоположение геофизической обсерватории ПГИ “Ловозеро”. На рисунке показаны векторные данные об изменениях горизонтальной составляющей магнитного поля δB и карты интенсивности токов Биркеланда $j_{||}$, направленных вдоль силовых линий магнитного поля Земли, на высоте 110 км. Области с резкими изменениями горизонтального магнитного поля по амплитуде и направлению, а также зоны с высокой интенсивностью токов Биркеланда непосредственно связаны с районами усиления горизонтальных токов Холла, текущих в высокоширотной ионосфере, которые могут оказывать существенное влияние на результаты интерпретации импедансных измерений.

Для выбранных дат и часовых интервалов времени были проанализированы данные, зарегистрированные индукционным магнитометром, разработанным в ПГИ, с цифровой системой сбора информации. Регистрируемые сигналы записывались с точной привязкой к мировому времени по сигналам спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS [8]. Магнитометр располагается на территории геофизической обсерватории ПГИ “Ловозеро”, которая находится в центральной части Кольского полуострова в пределах высокоомного Балтийского кристаллического щита.

В 2014 г. на магнитометре производилась регистрация горизонтальных взаимно перпендикулярных компонент магнитного и электрического

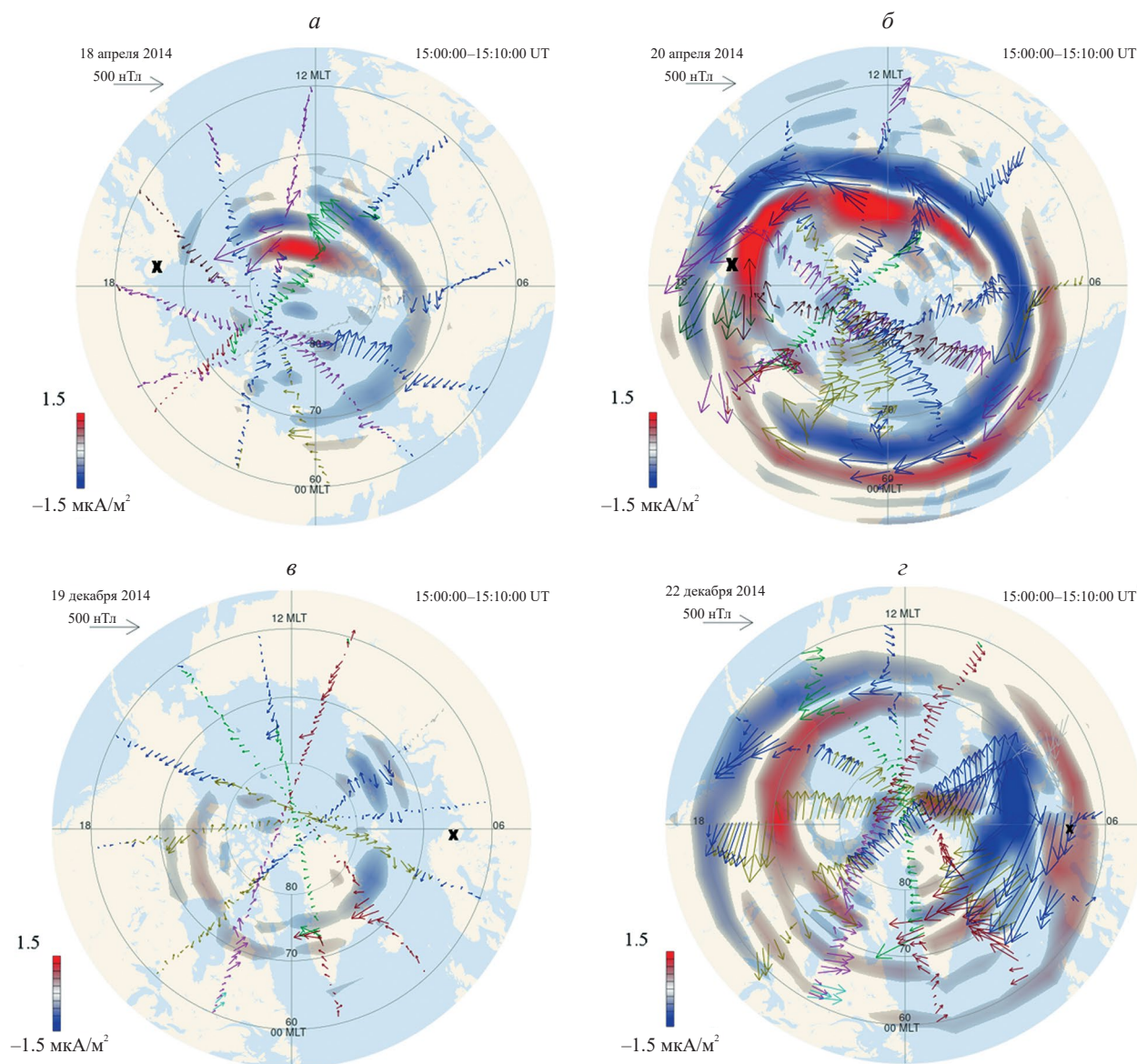


Рис. 2. Диаграммы геомагнитных данных, полученных со спутников Iridium в рамках проекта AMPERE (получены с сайта <https://ampere.jhuapl.edu>): для спокойного дня 18.04.2014 (15 ч по UT) (а), для дня с повышенной геомагнитной активностью 20.04.2014 (б); для спокойного дня 19.12.2014 (03 ч по UT) (в), для дня с повышенной геомагнитной активностью 22.12.2014 (г). Крестом на диаграммах обозначено местоположение индукционного магнитометра в геофизической обсерватории ПГИ “Ловозеро”.

полей H_y , H_x и E_y , E_x . Ось Y направлена на геомагнитный север. Основываясь на этих данных, вычислялись главные значения тензора импеданса Z_{xy} и Z_{yx} для заданного набора частот естественного электромагнитного поля в КНЧ-диапазоне от 0.3 до 27 Гц. Вследствие того, что земная кора в районе геофизической обсерватории “Ловозеро” является анизотропной средой по причине наличия мощных зон тектонических разломов, данные усреднялись с помощью вычисления значений импеданса Бердичевского [1]:

$$Z_{berd} = \frac{Z_{xy} - Z_{yx}}{2}. \quad (4)$$

Значения модуля импеданса Бердичевского пересчитывались в значения кажущегося сопротивления среды ρ_k по формуле, аналогичной формуле (3). Полученные результаты представлены на рис. 3. Из графиков видно, что в дни со спокойными геомагнитными условиями (18.04.2014 и 19.12.2014) значения кажущегося сопротивления земной коры составляют 100000–200000 Ом·м, что является характерным для кристаллических щитов. В то же время в дни с повышенной геомагнитной активностью (20.04.2014 и 22.12.2014) на частотах ниже 1 Гц наблюдается существенное понижение кажущегося сопротивления земной коры. Возможно, это

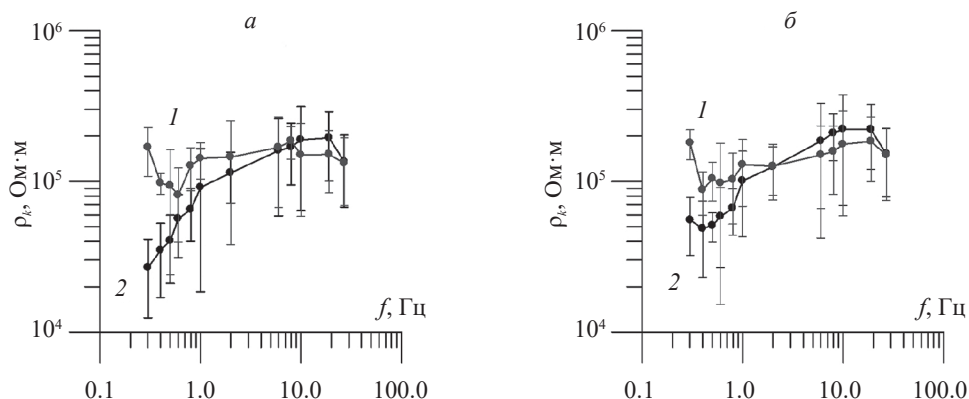


Рис. 3. Графики зависимости кажущегося сопротивления среды ρ_k от частоты естественного электромагнитного поля f , рассчитанные через значения импеданса по данным индукционного магнитометра, расположенного в геофизической обсерватории ПГИ “Ловозеро”: графики соответствуют паре спокойного дня 18.04.2014 (кривая 1) и дня с повышенной геомагнитной активностью 20.04.2014 (кривая 2) для 15 ч по UT (а); графики соответствуют паре спокойного дня 19.12.2014 (кривая 1) и дня с повышенной геомагнитной активностью 22.12.2014 (кривая 2) для 3 ч по UT (б).

понижение обуславливается влиянием близости магнитосферно-ионосферных источников естественного электромагнитного поля и ограниченностью применения импедансного подхода в высоких широтах для высокоомных горных пород при определении геоэлектрических параметров земной коры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы. Возможность применения геофизических электромагнитных методов, основанных на импедансном подходе, в высокоширотных районах Арктики, в частности, на Кольском полуострове, вблизи от магнитосферно-ионосферных источников естественного электромагнитного поля существенно зависит от удельного сопротивления земной коры. Проведенные модельные расчеты показали, что использование метода МТЗ, базирующегося на вычислениях импеданса, при электромагнитном зондировании низкоомного осадочного чехла вполне целесообразно. Искажений в определении геоэлектрических параметров среды практически не наблюдается. Однако при экспериментальных работах в пределах высокоомного кристаллического Балтийского щита близость магнитосферно-ионосферных источников естественного электромагнитного поля может оказывать значительное влияние на результаты интерпретации измерений в случае малых горизонтальных расстояний r от источника (менее 85 км) и в случае низких частот электромагнитного поля f (менее 1 Гц).

Проведенный совместный анализ данных индукционного магнитометра, расположенного на территории геофизической обсерватории ПГИ “Ловозеро”, в пределах кристаллического Балтийского щита, и спутниковых геомагнитных данных, полученных в рамках проекта AMPERE, выявил на примерах возможность существенного влияния

магнитосферно-ионосферных источников естественного электромагнитного поля, находящихся в высокоширотной ионосфере над Кольским полуостровом, на результаты интерпретации импедансных измерений при определении геоэлектрических параметров земной коры.

Авторы благодарят сотрудников Сектора оптических методов Полярного геофизического института (ПГИ) и геофизической обсерватории ПГИ “Ловозеро” за предоставленные данные индукционного магнитометра, а также представителей геофизического сообщества за возможность использовать в работе данные с сайтов, упомянутых в статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. М.: Научный мир, 2009. 680 с.
2. Любич В.А. // Изв. РАН. Сер. физ. 2021. Т. 85. № 3. С. 378; Ljubchich V.A. // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2021. V. 85. No. 3. P. 268.
3. Brändlein D., Lühr H., Ritter O. // J. Geophys. Res. 2012. V. 117. No. A11. Art. No. A11314.
4. Le G., Slavin J.A., Strangeway R.J. // J. Geophys. Res. 2010. V. 115. No. A7. Art. No. A07202.
5. Denisenko V.V., Rycroft M.J., Harrison R.G. // Surv. Geophys. 2019. V. 40. No. 1. P. 1.
6. Дмитриев В.И. Электромагнитные поля в неоднородных средах. М.: Изд-во МГУ, 1969. 131 с.
7. Anderson B.J., Angappan R., Barik A. et al. // Geochem. Geophys. Geosyst. 2021. V. 22. No. 8. Art. No. e2020GC009515.
8. Филатов М.В., Пильгаев С.В., Федоренко Ю.В. // ПТЭ. 2011. № 3. С. 73; Filatov M.V., Pil'gaev S.V., Fedorenko Yu.V. // Instrum. Exp. Tech. 2011. V. 54. No. 3. P. 361.

Investigation of the influence of high-latitude ionospheric current systems on the results of impedance measurement in the Arctic on the example of the Kola Peninsula

V. A. Ljubchich^{1,*}, Yu. A. Shapovalova¹

¹Polar Geophysical Institute, Murmansk, 183010 Russia

**e-mail: lubchich@yandex.ru*

We investigated the influence of high-latitude ionospheric current systems on the results of impedance measurements on the Kola Peninsula. Model calculations and joint analysis of satellite data and ground magnetometer data have shown the possibility of distortions in the interpretation of geophysical data due to the spatial vicinity of current systems in cases where rocks of the Earth's crust have high electrical resistance.

Keywords: impedance, magnetotelluric sounding, ionospheric current system, extremely low frequency range, induction magnetometer, satellite geomagnetic data, crystal shield, sedimentary cover, Arctic