

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»
(СГУГиТ)

XIII Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2017

Международная научная конференция

**НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ. ГОРНОЕ ДЕЛО.
НАПРАВЛЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПОИСКА,
РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. ЭКОНОМИКА.
ГЕОЭКОЛОГИЯ**

Т. 4

Сборник материалов

Новосибирск
СГУГиТ
2017

Ответственные за выпуск:

Доктор технических наук, академик РАН,
директор Института нефтегазовой геологии и геофизики
им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск

М. И. Энов

Доктор геолого-минералогических наук, академик РАН, председатель Президиума
Кемеровского научного центра СО РАН, Кемерово; научный руководитель Института
нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск

А. Э. Конторович

Кандидат технических наук, директор Института горного дела
им. Н. А. Чинакала СО РАН, Новосибирск

А. С. Кондратенко

Кандидат геолого-минералогических наук,
генеральный директор АО «СНИИГГиМС», Новосибирск

А. С. Ефимов

Начальник департамента по недропользованию по Сибирскому федеральному
округу Федерального агентства по недропользованию «Роснедра», Новосибирск

А. И. Неволько

С26 Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр., 17–21 апреля
2017 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное
дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторожде-
ний полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология» : сб. материалов в 4 т.
Т. 4. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 237 с.

ISBN 978-5-906948-29-8 (т. 4)

ISBN 978-5-906948-25-0

ISBN 978-5-906948-11-3

В сборнике опубликованы материалы XIII Международного научного конгресса
«Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017», представленные на Международной научной конферен-
ции «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и раз-
работки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология».

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

Материалы публикуются в авторской редакции

УДК 622

ISBN 978-5-906948-29-8 (т. 4)

ISBN 978-5-906948-25-0

ISBN 978-5-906948-11-3

© СГУГиТ, 2017

ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И СОВМЕСТНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ПЛОЩАДНЫХ И МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ИНДУКЦИОННЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ

Михаил Александрович Корсаков

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, младший научный сотрудник, тел. (383)333-28-16, e-mail: KorsakovMA@ipgg.sbras.ru

Евгений Юрьевич Антонов

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, зав. лабораторией, тел. (383)333-28-16, e-mail: AntonovEY@ipgg.sbras.ru

Николай Олегович Кожевников

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, главный научный сотрудник, тел. (383)333-28-16, e-mail: KozhevnikovNO@ipgg.sbras.ru

В статье описана доработанная научно-исследовательская версия программно-алгоритмической системы для совместной инверсии данных импульсных индукционных зондирований геологических сред с учетом низкочастотной дисперсии электрической проводимости. В новой версии представлена возможность работы с площадными и многокомпонентными данными измерений.

Ключевые слова: инверсия, импульсные зондирования, индукционно-вызванная поляризация, совместная инверсия, площадные данные, многокомпонентные измерения.

GEOPHYSICAL MODELLING AND JOINT INTERPRETATION SYSTEM FOR TIME-DOMAIN ELECTROMAGNETIC SOUNDINGS IN CONDUCTIVE POLARIZABLE MEDIUM

Mikhail A. Korsakov

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Junior Researcher, tel. (383)333-28-16, e-mail: KorsakovMA@ipgg.sbras.ru

Evgeny Yu. Antonov

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Head of the Laboratory, tel. (383)333-28-16, e-mail: AntonovEY@ipgg.sbras.ru

Nikolai O. Kozhevnikov

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, General Researcher, tel. (383)333-28-16, e-mail: KozhevnikovNO@ipgg.sbras.ru

The paper discusses upgraded version of the computer system for joint inversion transient electromagnetic data in conductive and polarizable geological medium for squared and multi-components TEM soundings.

Key words: inverse problem, transient electromagnetics, inductively induced polarization, joint inversion, multicomponent measurements.

Первая версия интерпретационной системы <ТЕМ-IP> была представлена в работах [1, 2, 6] и предназначалась, для инверсии данных нестационарных индукционных зондирований с учетом эффектов вызванной поляризации (ВП) путем последовательной (попикетной) обработки. Программа показала высокую эффективность при обработке данных, полученных при поисках таликовых зон в районе Пякяхинского нефтегазового месторождения [7, 8].

В работах [3, 4] показано, что совместная инверсия результатов индукционных зондирований (для установок разной геометрии и/или размера) с учетом частотной дисперсии электропроводности позволяет оценивать параметры быстрой ВП даже в условиях сильного проявления индукционных эффектов. В связи с этим система была доработана и использовалась для совместной инверсии переходных характеристик, измеренных многоразносыми установками при нефтепоисковых работах в Восточной Сибири и Западной Якутии [5].

В последние годы в практике индукционных импульсных зондирований используются плотные сети площадных наблюдений, когда от одного источника выполняются измерения в десятках пикетов. При этом точки измерения равномерно расположены как внутри генераторной петли, так и в ближайшей окрестности. Подобные схемы наблюдения эффективны при решении разных задач: инженерных, рудопоисковых или структурных (при небольших, относительно размеров источника, глубинах до целевых объектов). Основная идея такой методики измерений состоит в том, что внутри генераторного контура и его ближайшей окрестности в условиях однородно-слоистой среды прямое поле источника также должно быть однородно. Соответственно густая сеть приемных датчиков позволяет детально картировать именно особенности и неоднородность геоэлектрического строения среды.

Характерной чертой современных электроразведочных работ, особенно при решении инженерных и рудопоисковых задач, является то, что местность, на которой производятся измерения, урбанизирована либо имеет сложный рельеф. Это затрудняет раскладку генераторных петель. Вместо квадратных или прямоугольных получают контуры, которые представляют собой замкнутые ломаные линии (рис. 1).

В первой версии системы <ТЕМ-IP> процедура прямой задачи (ПЗ) была реализована именно для примитивных форм генераторных контуров (квадрат, прямоугольник). В случае несоответствия формы источника данным примитивам приходилось вводить поправки в момент установки. Во входных данных ПЗ измерительные установки задавались указанием размеров сторон генераторной и приемной петель и расстоянием между их центрами. Очевидно, что для описанной выше методики измерений, предполагающей близкое расположение приемных рамок (датчиков) к сторонам генераторной петли, нужна более детальная параметризация измерительной установки. Исходя из этого требования, была спроектирована и реализована новая версия прямой задачи программы <ТЕМ-IP>.

Изменения были внесены в организацию проектов. Добавлена структурная единица «Источник», позволяющая группировать пикеты по принадлежности к конкретной генераторной петле. Координаты источника и приемников могут

быть описаны с помощью файлов GPS-трекера. Расчет параметров измерительной установки для произвольного генераторного контура полностью автоматизирован за счет использования процедур для:

- вычисления площади генераторной петли;
- определения центра тяжести области контура источника;
- расчета расстояний и азимутальных углов в системах координат, связанных с элементами замкнутой ломаной линии, описывающей источник.

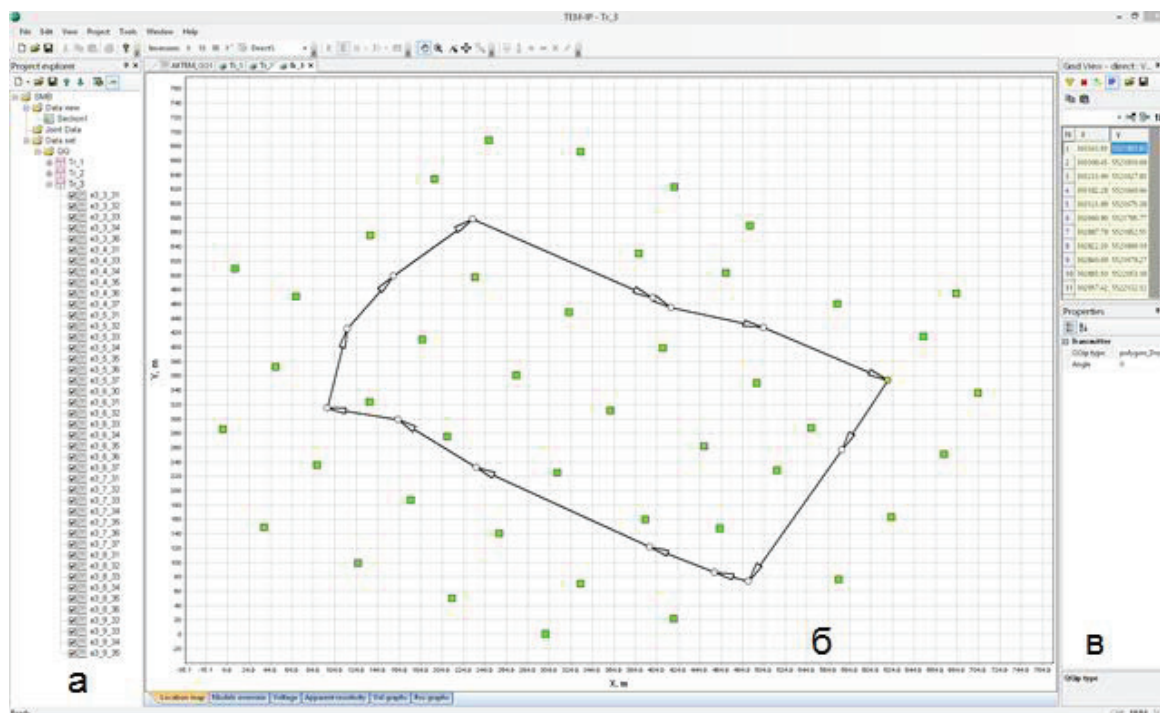


Рис. 1. Графический интерфейс системы <ТЕМ-IP>:

а – панель структуры проекта; б – панель визуализации генераторного контура и ассоциированных с ним пикетов; в – панель для ввода координатного трека генераторного контура

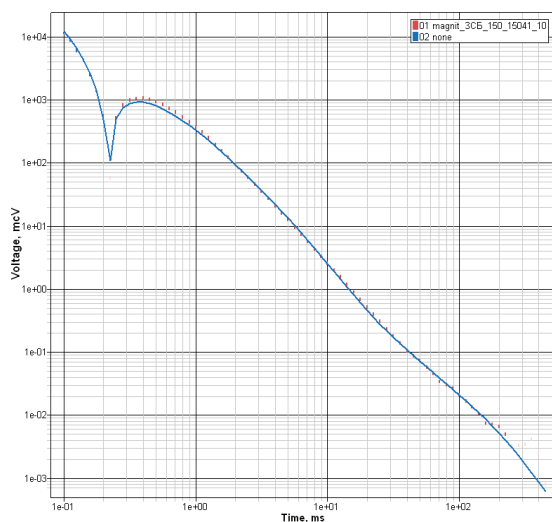
Вместе с тем в программе сохранилась возможность использования традиционных форматов данных, поставляемых известными видами аппаратуры (TEM-Fast, FastSnap, SGS-TEM, Цикл и др.).

Система дополнена возможностью осуществлять автоматизированный подбор произвольного множества экспериментальных кривых. Стартовая модель может быть назначена по выбору пользователя индивидуально для каждой точки измерения либо наследоваться при переходе от точки к точке. Последовательность перехода от пикета к пикету формируется при выборе группы инвертируемых данных. Автоматический подбор осуществляется в рамках избранного профиля или на множестве пикетов, ассоциированных с конкретным генераторным контуром. Данная опция сделала систему до определенной степени автономной, не требующей присутствия интерпретатора, при подборе большого количества данных.

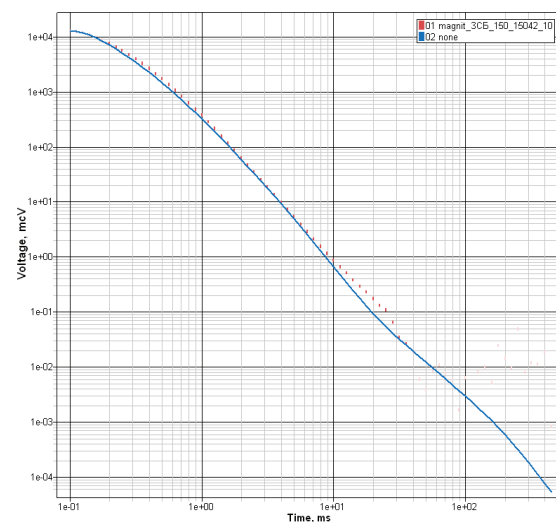
В последние годы многоразносные и площадные зондирования осуществляются с использованием компактных индукционных датчиков, имеющих такую же эффективную площадь, как одновитковые квадратные петли с размерами сторон от десятков до сотен метров. Малый размер датчиков позволяет использовать их для приема как вертикальной, так и горизонтальных компонент поля. В соответствии с этими возможностями измерения различных компонент поля доработаны процедуры прямой и обратной задач. На рис. 2 показан куб из измерительных датчиков ПДИ-50 (эквивалент одновитковой петли $50 \times 50 \text{ м}^2$) и результаты совместной инверсии экспериментальных данных, измеренных вертикальной и радиальной компонент э.д.с. Совместный подбор в рамках одной модели уменьшает количество эквивалентных моделей.



а



б



в

Рис. 2. Трехкомпонентный приемный датчик ПДИ-50 (а).
Результаты совместной инверсии э.д.с., индуцируемой в горизонтальной (б)
и вертикальной (в) рамках

Выводы

Новая структура проектов системы <ТЕМ-IP> позволяет группировать данные, ассоциируя генераторные петли и соответствующие им приемные пикеты для визуализации и совместной инверсии. Разработана процедура прямой задачи для расчета полного набора компонент магнитного поля и э.д.с. от источника в виде замкнутого контура произвольной формы. Кроме этого, в системе предусмотрены процедуры ввода параметров измерительной установки, использующих координатные файлы GPS-трекера для описания генераторного контура и множества приемных пикетов. Новая версия системы испытана при обработке результатов многокомпонентных измерений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонов Е.Ю., Кожевников Н.О., Корсаков М.А. «ТЕМ-IP» – Система для интерпретации данных индукционных импульсных зондирований поляризующихся сред [Электронный ресурс] // Первая международная научно-практическая конференция по электромагнитным методам исследования «ГЕОБАЙКАЛ-2010». – Иркутск, 2010. – 2 с.
2. Антонов Е.Ю., Кожевников Н.О., Корсаков М.А. Автоматизированная система для интерпретации данных индукционных импульсных электромагнитных зондирований с учетом индукционно-вызванной поляризации // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55(8). – С. 1282–1293.
3. Кожевников Н.О., Антонов Е.Ю. Совместная инверсия данных МПП с учетом индукционно-вызванной поляризации // Геология и геофизика. – 2009а. – Т. 50, № 2. – С. 181–190.
4. Кожевников Н.О., Антонов Е.Ю. Импульсная индуктивная электроразведка поляризующихся сред // Геофизический журнал. – 2009б. – Т. 31, № 4. – С. 104–118.
5. Компаниец С.В., Кожевников Н.О., Антонов Е.Ю. Проявление и учёт индукционно-вызванной поляризации при изучении осадочного чехла юга Сибирской платформы методом ЗСБ // Геофизика. – 2013. – № 1. – С. 35–40.
6. Корсаков М. А., Антонов Е. Ю., Кожевников Н. О. Программно-алгоритмическая система для моделирования и совместной интерпретации данных импульсных индукционных зондирований с учётом вызванной поляризации // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 2. – С. 182–186.
7. Поиск таликов методом ЗСБ в условиях интенсивного проявления индукционно-вызванной поляризации / Н.О. Кожевников, Е.Ю. Антонов, А.К. Захаркин, М.А. Корсаков // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55(12). – С. 1815–1827.
8. Проявления и учёт индукционно-вызванной поляризации при поисках таликовых зон в районе Пякхинского нефтегазового месторождения / Н. О. Кожевников, Е. Ю. Антонов, М. А. Корсаков, А. К. Захаркин // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 1. – С. 168–173.

© М. А. Корсаков, Е. Ю. Антонов, Н. О. Кожевников, 2017