

ПОДХОД К ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБЪЕМОВ ВЕЩЕСТВ ХВОСТОХРАНИЛИЩ

Юрий Григорьевич Карин

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга 3, научный сотрудник, тел. (383)330-49-55, e-mail: KarinYG@ipgg.sbras.ru

Наталья Викторовна Юркевич

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Россия, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3, к.г.-м.н., заведующий лабораторией, тел. (383)330-49-55, e-mail: YurkevichNV@ipgg.sbras.ru

Приводятся методические рекомендации для обработки данных электротомографии. Учет априорной информации, в частности результатов исследования шурфов, можно произвести за счет проведения ограниченной инверсии данных ЭТ, при этом ограничивать можно или сопротивление некоторых слоев модели или положение границ некоторых слоев [1]. В используемом ПО для обработки данных электротомографии Res2dinv [2] возможно задать границу предполагаемого слоя или ограничить сопротивление участка модели (вводить локальные неоднородности с заданным сопротивлением). Но зафиксировать сопротивление конкретного слоя имеющимися программными средствами затруднительно. Предлагаемый подход позволяет учитывать параметры модели, построенной по данным шурфовки, с помощью предварительной одномерной инверсии данных электротомографии в программе Ip2win [1], с последующим экспортом полученных предполагаемых границ слоев в ПО Res2dinv для проведения ограниченной двумерной инверсии.

Ключевые слова: электротомография, экология, хвостохранилища

AN APPROACH TO PROCESSING ELECTROTOMOGRAPHY DATA FOR ESTIMATING THE VOLUMES OF SUBSTANCES IN TAILINGS

Yuri Grigorievich Karin

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Akademika Koptyuga Ave., Novosibirsk, 630090, Russia, Researcher, tel. (383) 330-49-55, e-mail: KarinYG@ipgg.sbras.ru

Natalia Victorovna Yurkevich

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Akademika Koptyuga Ave., Novosibirsk, 630090, Russia, PhD., Head of laboratory, tel. (383) 330-49-55, e-mail: YurkevichNV@ipgg.sbras.ru

Methodical recommendations for processing the data of electrotomography are given. Taking into account a priori information, in particular the results of the study of pits, can be carried out by carrying out a limited inversion of the ET data, while it is possible to limit either the resistance of some layers of the model or the position of the boundaries of some layers [1]. In the software used for processing electrical tomography data Res2dinv [2], it is possible to set the boundary of the assumed layer or to limit the resistance of the model section (to introduce local inhomogeneities with a given resistance). But it is difficult to fix the resistance of a particular layer with the available software tools. The proposed approach makes it possible to take into account the parameters of the model built

from the pitting data using a preliminary one-dimensional inversion of the electrical tomography data in the Ip2win [1] program, followed by the export of the obtained assumed layer boundaries to the Res2dinv software for carrying out a limited two-dimensional inversion.

Keywords: Electrical Resistivity Tomography, Ecology, Tailings

В некоторых случаях автоматическая двумерная инверсия дает хороший результат, согласующийся с данными бурения или шурфовки [3,4]. Но бывают ситуации, когда полученная в результате инверсии модель не соответствует априорной информации. На примере результатов исследования комсомольского хвостохранилища рассмотрим случай несоответствия получаемой в результате инверсии модели априорным данным. В частности различные электросопротивления верхней части разреза в местах постановки шурфов совсем не соответствуют визуально одинаковым пескам в трех шурфах, но и по геохимическим данным практически нет отличий между слоем песка в разных шурфах.

В результате геохимического опробования шурфов была определена стартовая модель участка хвостохранилища рис.1.

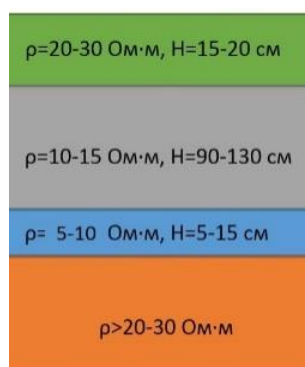


Рис. 1. Стартовая модель

На рис. 2 показаны геоэлектрический разрез полученный в результате двумерной инверсии в программе Res2dinv, результат одномерной инверсии этих же данных в программе Ip2Win и результат ограниченной двумерной инверсии с учетом предполагаемых границ, полученных в результате одномерной инверсии. Черными линиями показаны границы, полученные в результате одномерной инверсии. Получившиеся модели коррелируют с заданной стартовой моделью и априорной информацией по шурфам. В частности диапазон сопротивлений для подстилающих материнских пород 25-30 Ом·м, для песков 12-20 Ом·м, а для глин до 10 Ом·м. Мощности слоев близки к мощностям по данным шурфовки.

Для проверки предложенного подхода к обработке данных электротомографии было проведено математическое моделирование. Рассматривалась ситуация, когда изучаемый разрез осложнен двумерной неоднородностью, контрастирующей по УЭС с вмещающей средой.

На рисунке 3а показана стартовая модель и результат решения прямой задачи рис.3б. Модель схожа по строению с моделью Комсомольского хвостохранилища, слой с УЭС 15 Ом·м соответствует слою пиритных песков, тонкий более проводящий слой с УЭС 5 Ом·м аналогичен гидроизоляционному слою глин, материнские породы изображены в модели слоем с УЭС 40 Ом·м. Аномалия в виде прямоугольника на глубине 0,2 м имитирует линзу песка, с сопротивлением 40 Ом·м. Цель данного эксперимента проверить работоспособность методики при наличии выраженных двумерных неоднородностей в верхней части изучаемого разреза.

Задача состоит в восстановлении границ слоев и их сопротивлении максимально близкими к стартовой модели. Стоит отметить что важно не только восстановить границы слоев, но и сопротивление, поскольку именно УЭС используется как критерий для расчета объемов веществ хвостохранилища.

Для начала проведем двумерную инверсию в программе Res2Dinv, в результате получается геоэлектрический разрез, показанный на рисунке 3 В. Геометрия аномалии, соответствующей приповерхностному объекту с УЭС 40 Ом·м, восстанавливается достаточно уверенно, но сопротивление ее занижено.

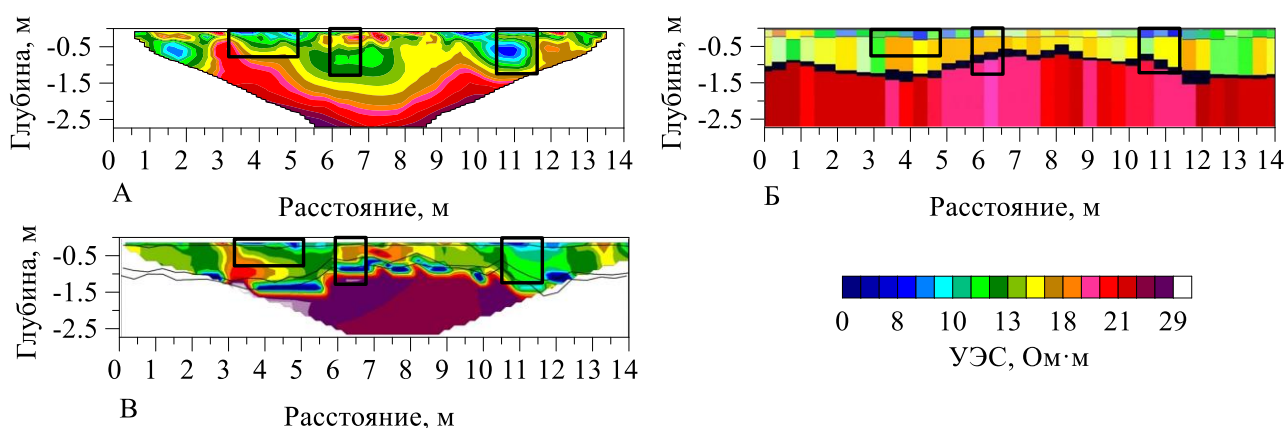


Рис. 2. Геоэлектрический разрез полученный в результате двумерной инверсии в программе Res2dinv (сверху), результат одномерной инверсии этих же данных в программе Ip2Win (в центре) и результат ограниченной двумерной нверсии с учетом предполагаемых границ, полученных в результате одномерной инверсии (снизу).

Черными прямоугольниками показаны места постановки шурфов.

При этом 5-оммный горизонт на глубине 1,08 -1,2 м вообще не выделяется. Мощность первого проводящего слоя (УЭС 11-22 Ом·м) составляет 1,2 м, а под приповерхностным объектом инверсия занижает границу между высокоомным основанием (40 Ом·м) и проводящим слоем под неоднородностью до 1,7 м.

Предположим у нас есть данные по шурфам, которые были сделаны на отметках 2,4, 7,2 и 12 м по профилю, таким образом, что приповерхностный высокоомный объект не был задет ни одним шурфом. Из данных шурфовки мы

узнали, что на глубинах 1,2 метра находится нижняя граница слоя с УЭС 5 Ом·м. Загружаем кривые зондирования в программу одномерной инверсии Ip2win, но не все, а с отметки 6 по 8,7 м профиля.

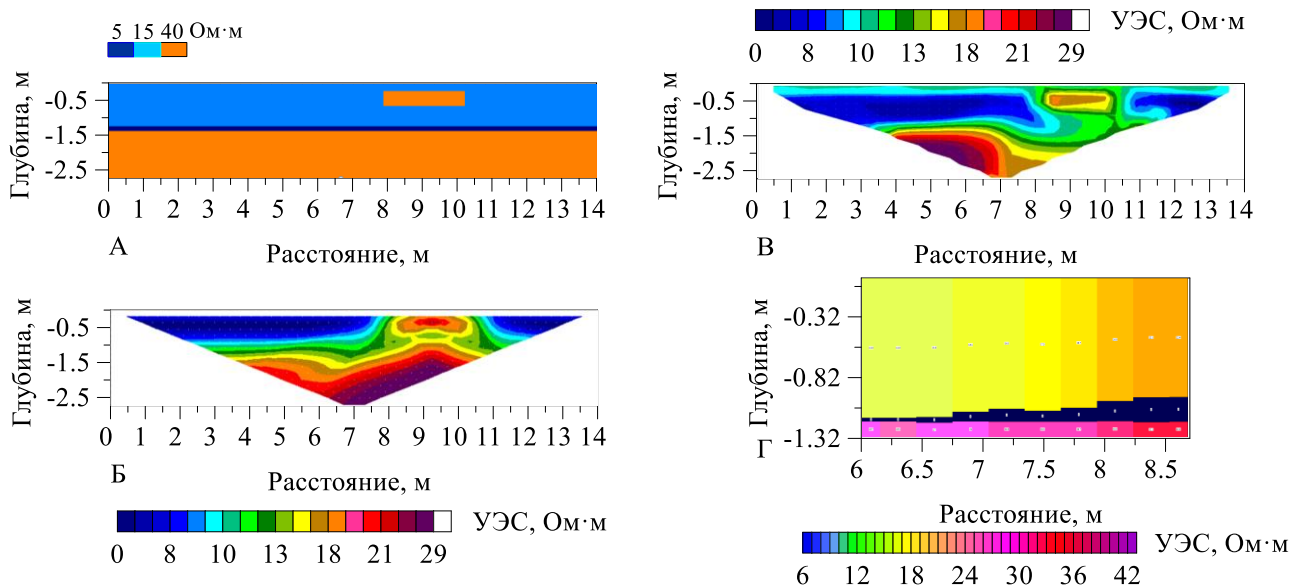


Рис. 3. Модель среды (А), результаты решения прямой (Б) и обратных задач (В-Г).

На рисунке 3Г результат одномерной инверсии выбранных кривых зондирования, при фиксации сопротивления слоя в 5 Ом·м и глубины его подошвы на отметке 1,2 м.

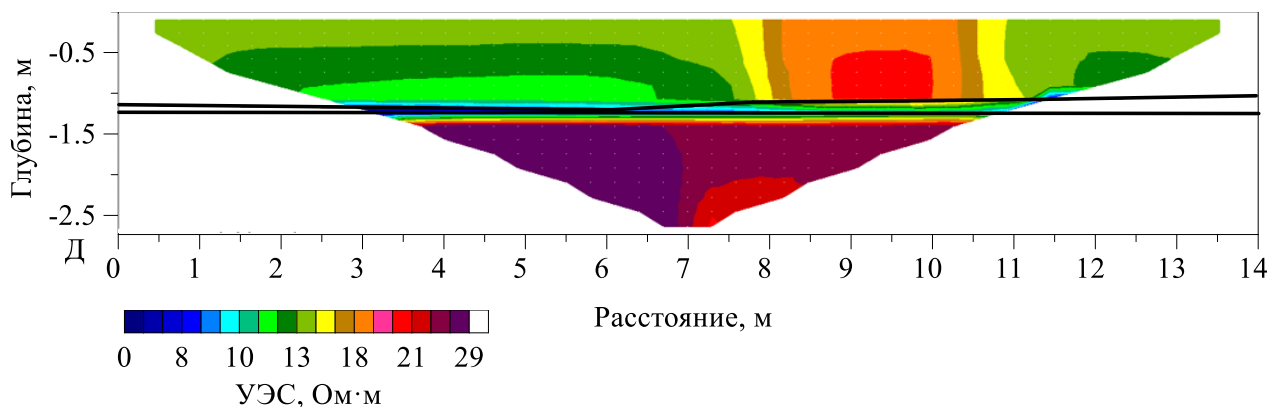


Рис. 4. Геоэлектрическая модель с учетом границ полученных в результате одномерной инверсии.

Кривые зондирования для одномерной инверсии были взяты в том числе и с того отрезка профиля, где присутствует приповерхностный 40-оммный объект. Невязка в результате проведения одномерной инверсии составила менее 3% для всех кривых. Верхняя граница слоя получилась не горизонтальной, но тем не

менее загрузим координаты границ в программу двумерной инверсии Res2dinv. На рисунке 4 показан результат двумерной инверсии с учетом полученных ранее границ. Сопротивление первого слоя варьируется в диапазоне 12,6-15,4 Ом·м, прослеживается 5-оммный слой на протяжении всего профиля, при этом геометрия приповерхностного объекта восстановилась не так удачно, как при инверсии без учета границ. Но тем не менее полученная модель ближе к стартовой модели, чем результат двумерной инверсии, проведенной без учета границ. Потому что мощность и сопротивление слоев ближе к стартовой модели. Предлагаемый подход позволяет получить геоэлектрический разрез, коррелирующий с априорной информацией.

Исследовательская работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 20-05-00336.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Loke, M.H., 2000. Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies, a Practical Guide to 2D and 3D Surveys. (Penang, Malaysia).
2. Shevnin V.A., Modin I.N., IPI2win - 1D interpretation of VES profile [Электронный ресурс] URL: <http://geophys.geol.msu.ru/ipi2win.htm>
3. Bortnikova S. et al. Characterization of a gold extraction plant environment in assessing the hazardous nature of accumulated wastes (Kemerovo region, Russia) // Applied Geochemistry. – 2018. – Т. 93. – С.145-157.
4. Yurkevich N. V., Abrosimova N. A., Bortnikova S. B., Karin Y. G., Saeva O. P. Geophysical investigations for evaluation of environmental pollution in a mine tailings area // Toxicological & Environmental Chemistry. – 2017. – V. 99. – I. 9-10. – P. 1328-1345.

REFERENCES

1. Loke, M.H., 2000. Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies, a Practical Guide to 2D and 3D Surveys. (Penang, Malaysia).
2. Shevnin V.A., Modin I.N., IPI2win - 1D interpretation of VES profile [Elektronnyj resurs] URL: <http://geophys.geol.msu.ru/ipi2win.htm>
3. Bortnikova S. et al. Characterization of a gold extraction plant environment in assessing the hazardous nature of accumulated wastes (Kemerovo region, Russia) // Applied Geochemistry. – 2018. – Т. 93. – S. 145-157.
4. Yurkevich N. V., Abrosimova N. A., Bortnikova S. B., Karin Y. G., Saeva O. P. Geophysical investigations for evaluation of environmental pollution in a mine tailings area // Toxicological & Environmental Chemistry. – 2017. – V. 99. – I. 9-10. – P. 1328-1345.

© Ю. Г. Карин, Н. В. Юркевич, 2021