УДК 550.837.83

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МЕТОДА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ПОИСКОВ НЕГЛУБОКИХ ЗАЛЕЖЕЙ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ ГОРОДА ИТАЙ ЭЛЬ-БАРУД, ДЕЛЬТА НИЛА (ЕГИПЕТ)

Х.М.ШААБАН, *аспирант, hshaaban001@yahoo.com*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия
Х.ГАЗАЛА, *профессор, ghazala@mans.edu.eg*
Университет Эль-Мансура, Египет
Э.АЛЬ-САЙЕД, *профессор, saidragab2001@yahoo.com*
Г.ЭЛЬ-КАДИ, *профессор, gadosan@yahoo.com*
Национальный научно-исследовательский институт астрономии и геофизики, Хелуан, Египет

Комплекс дельты Нила является самым крупным и известным дельтовым комплексом Средиземноморского осадочного бассейна. Кроме того, дельта Нила – это единственное место на территории Египта, где происходит накопление и сохранение современных отложений. Геологическая изученность четвертичных отложений этого региона невысока. В данной работе рассматриваются особенности строения верхов четвертичных отложений западной части дельты Нила и локализации в их составе подземных водоносных горизонтов, установленные в результате проведения электромагнитных исследований методом переходных процессов (МПП).

В ходе исследований было выполнено 232 измерения методом МПП на 43 точках наблюдений с использованием станций «SIROTEM МК-3». В качестве источника и приемника электромагнитного сигнала была использована одна петля. Длина стороны петли составляла 25 м. Для геоэлектрического одномерного (1D) моделирования разрезов четвертичных отложений до глубины 30 м была использована программа «TEMIXXLV4».

Построенные геоэлектрические разрезы показывают, что в составе верхнечетвертичных отложений выделяется три геоэлектрических слоя. Верхняя часть разреза, выполненная голоценовыми илами Нила, разделяется на два слоя: слой сельскохозяйственного использования (слой 1); слой ила (слой 2). В нижней части разреза залегают песчаные водоносные горизонты верхнего плейстоцена (слой 3) со сложной нелинейной морфологией границ. Именно этот слой представляет основной промышленный интерес как источник подземных вод.

Ключевые слова: подземная вода, электромагнитные методы, геоэлектрические слои, Египет.

Введение. Дельта Нила, охватывающая площадь около 12500 км^2, культивируется в течение нескольких тысячелетий. Область исследований находится в центральной части западного фланга дельты Нила вблизи города Итай Эль-Баруд (рис.1). Она локализована между широтами 30°50'-31°N и долготами 30°35'-30°46'42"E и занимает площадь около 435 км^2. На этой площади проводится активная сельскохозяйственная деятельность.

Осадочные отложения дельты Нила являются самым крупным и известным дельтовым комплексом Средиземноморского осадочного бассейна. Кроме того, это единственная область на территории Египта, где происходит современное накопление и четвертичных отложений. Таким образом, прогиб дельты Нила обладает наиболее полным разрезом четвертичных отложений в Египте. Здесь отложения имеют наибольшие мощности и подразделяются на несколько стратифицированных единиц. Четвертичные отложения Нила несогласно залегают на образованиях плиоцена или более древних отложениях [3]. По данным

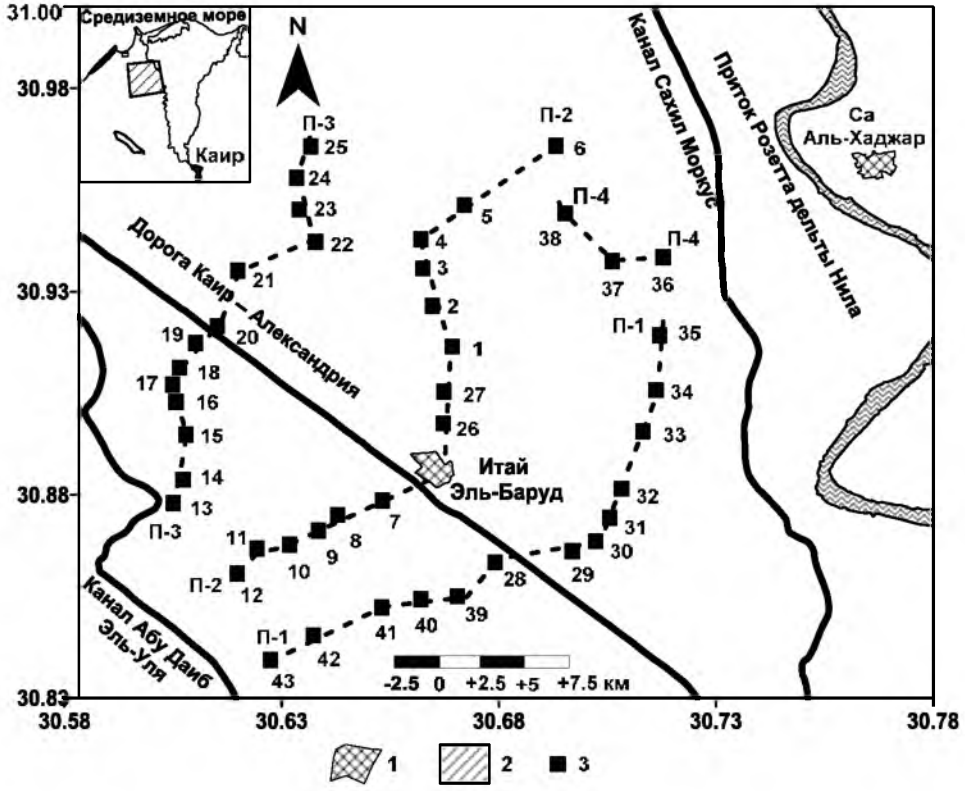


Рис.1. Схема расположения электроразведочных профилей на площади исследований (район г. Итай Эль-Баруд)

1 – города; 2 – положение района исследований на мелкомасштабной схеме; 3 – положение электроразведочных станций, метод переходных процессов (МПП)

А.Риззини и соавторов [5], максимальная мощность четвертичных отложений здесь достигает 1000 м, с уменьшением мощности в направлении южной окраины дельты. В средней части дельты Нила мощность толщи составляет около 500 м.

К настоящему времени здесь выполнено небольшое число геофизических исследований, направленных на изучение верхов четвертичных отложений. В данной работе представлены результаты исследований особенностей радиальной расслоенности четвертичных отложений и морфологии кровли подземного водоносного горизонта с использованием электромагнитного метода МПП.

Литостратиграфия. По данным А.Риззини и соавторов [5], в разрезе четвертичных отложений дельты Нила по вещественному составу выделяются два основных формационных комплекса: формация «Mit-Ghamr» и формация « Bilqas».

Формация «*Mit-Ghamr*» имеет тот же возраст, что и широко распространенная в Египте формация песков «Prenile Qena». Она состоит из кварцевых песков и конгломератов. Тонкие слои глины, соли и торфа, содержащие прибрежную или лагунную фауну, маркируют верхние уровни этой формации. Мощность формации «Mit-Ghamr», достигающая 700 м в северной части дельты, уменьшается в южном направлении [6]. В разрезе этой формации проявляются вариации литологического состава от песчаных фаций (покрывающих большую часть дельты) до песчаных сланцев в северной краевых зонах дельты.

Формация «*Bilqas*» состоит преимущественно из глин, солей и мелкозернистого песка речных паводковых осадков. В ее разрезе выделяются растительные остатки и торфяники. Эта формация представляет собой непроницаемую покрышку четвертичных осадков дельты Нила. Мощность этой формации варьирует от нескольких метров в южной части до 30 м в северной части дельты Нила, достигая на отдельных участках 77 м [6]. В составе форма-

ции «Bilqas» отмечаются литологические вариации: глины и илы – в восточной и центральной частях дельты Нила; дюнные отложения в северных прибрежных районах; песчаные фации – на юге.

Гидрогеология. Удельное электрическое сопротивление осадочных слоев зависит от их состава, водонасыщенности и минерализации подземных вод [1, 4]. Таким образом, при проведении электроразведочных работ необходимо учитывать гидрологический и гидрохимический режимы водоносных горизонтов дельты Нила.

В составе четвертичных отложений дельты Нила выделяется два основных водоносных горизонта. Нижний горизонт представляет собой мощный слой плейстоценовых песков (формация «Mit-Ghamr») [4], который перекрывается водоупорными толщами илов голоцена (формация «Bilqas»). В разрезе последней выделяются линзы песков (верхний водоносный горизонт), содержащие грунтовые воды, которые поступают сюда через дренажные и ирригационные каналы. Соленость подземных вод водоносных горизонтов дельты Нила изменяется от умеренной до чрезмерно высокой. Наиболее низкие значения минерализации отмечаются в южных частях региона дельты и в районах, близких к оросительным каналам и рукавам Нила.

Геофизические исследования. В течение последних трех десятилетий электромагнитные методы широко используются для картирования закономерностей латеральной и вертикальной изменчивости сопротивлений осадочных отложений. В последние годы метод МПП находит применение при выявлении основных водоносных горизонтов в пределах бассейнов, выделенных этим методом на стадии региональных исследований [2].

В ходе полевых исследований нами было выполнено 232 измерения методом МПП на 43 точках наблюдений с использованием австралийских электромагнитных станций «SIROTEM МК-3» (рис.1). В состав станции «SIROTEM МК-3» входят источник и приемник, монтируемые в единой портативной консоли. Источник создает электрический импульс в петлях кабеля, проложенного на дневной поверхности. В качестве приемника электромагнитного сигнала обычно используется та же петля. Длина стороны петли составляла 25 м. Все наблюдения повторялись четыре или пять раз.

Обработка и интерпретация данных МПП. Для обработки выбирались записи с наилучшим соотношением «полезный сигнал – шум». Для расчета глубины и кажущегося сопротивления слоев четвертичных отложений использован модуль программы одномерного (1D) моделирования TEMIXXLV4 (1996). При подготовке исходной геоэлектрической модели для расчета 1D-инверсии данных МПП были учтены результаты скважинных геологических исследований. Моделирование выполнялось «методом подбора»: параметры модели подбирались таким образом, чтобы обеспечить согласованность данных МПП и данных скважинных исследований. На рис.2 показаны типичные примеры графиков зондирований МПП и расчетных геоэлектрических разрезов.

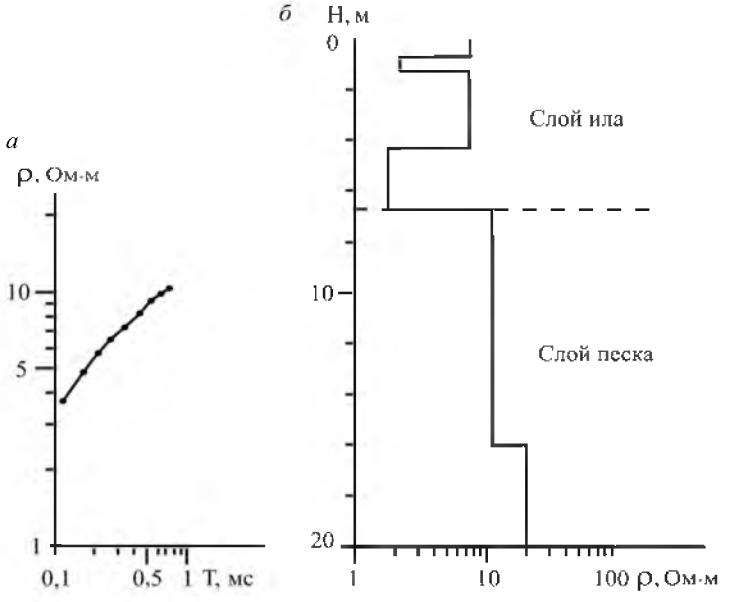


Рис.2. Типичный пример графика электромагнитного зондирования (*а*) и интерпретационного геоэлектрического разреза (*б*)

Особенности строения площади исследования по геоэлектрическим данным. В результате калибровки одномерных (1D) данных МПП по материалам скважинных исследований и с учетом данных геологического картирования были построены четыре детальных геоэлектрических разреза. Разрез по профилю 2 представлен на рис.3.

Эти субширотные сечения отражают закономерности пространственного распределения удельного электрического сопротивления верхней части четвертичных отложений как в вертикальном, так и в латеральном измерениях. Они использованы нами как основа для построения опорных литолого-стратиграфических разрезов района исследований.

В составе верхнечетвертичных отложений на геоэлектрических разрезах выделяется три геоэлектрических слоя. Верхний геоэлектрический слой (слой 1) представлен илами переменной мощности (0,4-1 м). Удельное электрическое сопротивление этого слоя варьирует от 5 до 51 Ом·м. На некоторых участках удельное электрическое сопротивление достигает больших значений за счет развития прослоев песчаных глин. Этот слой тесно связан с зоной аэрации и, как правило, используется в сельскохозяйственной деятельности.

Второй геоэлектрический слой (слой 2) состоит из водонасыщенных илов толщиной от 3 до 23 м. Значения удельного электрического сопротивления здесь варьируют от 1 до 10 Ом·м. Однако в некоторых районах в составе этого слоя выделяются песчаные линзы малых размеров, имеющие относительно повышенные (до 14 Ом·м) сопротивления. Такие значения отмечаются, в частности, на станции № 4 МПП.

Третий геоэлектрический слой (слой 3) представляет собой плейстоценовые пески, которые являются основным водоносным горизонтом района исследований. Этот слой проявляется повышенными значениями удельного сопротивления в сравнении с вышележащими слоями (11-83 Ом·м).

Результаты совместной интерпретации данных МПП и бурения использованы нами для моделирования морфологии нижней границы слоя илов голоценовой формации «Bilqas» и ее общей мощности. Согласно карте изопахит (рис.4), мощность голоценовых илов варьирует от 2 до 23 м. Максимальных значений мощность этого слоя достигает в северо-

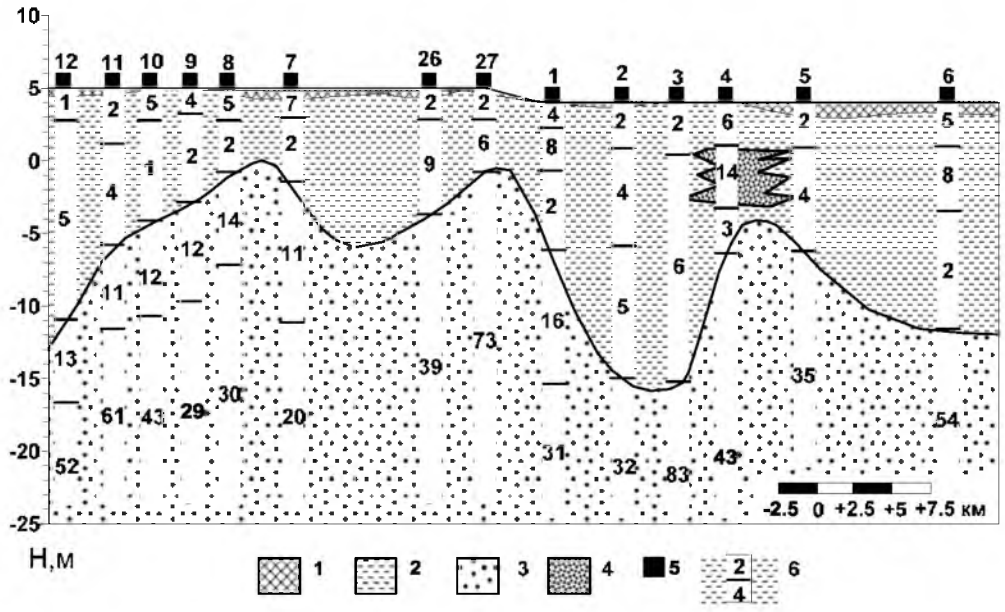


Рис.3. Геоэлектрический разрез по линии профиля 2, построенный по результатам 1D-интерпретации данных МПП

1 – сельскохозяйственный слой; 2 – ил; 3 – крупнозернистый песок; 4 – тонкодисперсный песок; 5 – номер станции МПП; 6 – значения удельного сопротивления, Ом·м

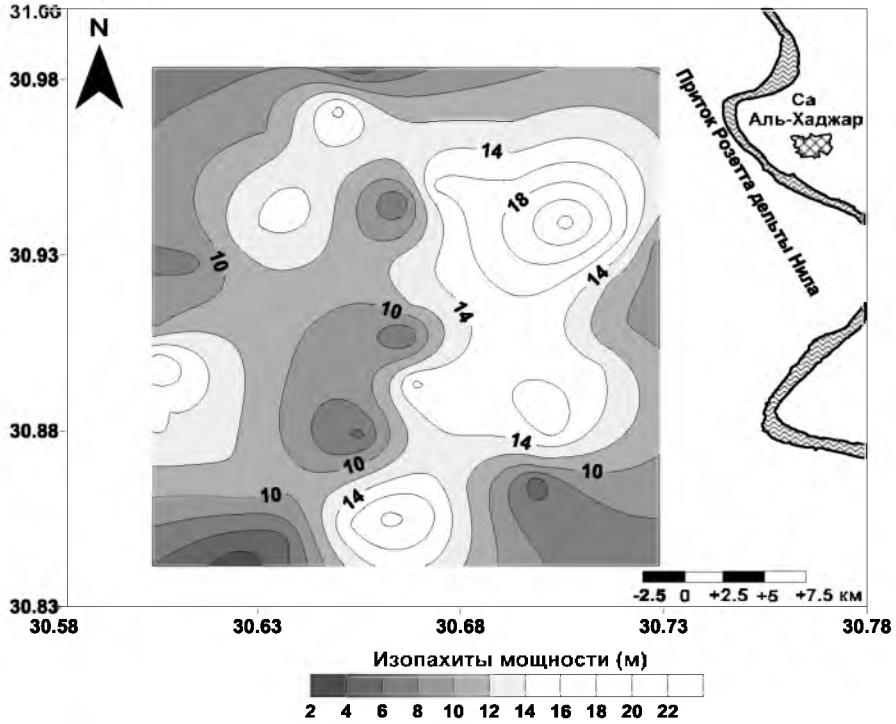


Рис.4. Изопахиты мощности голоценовых илов дельты Нила (район г. Итай Эль-Баруд)

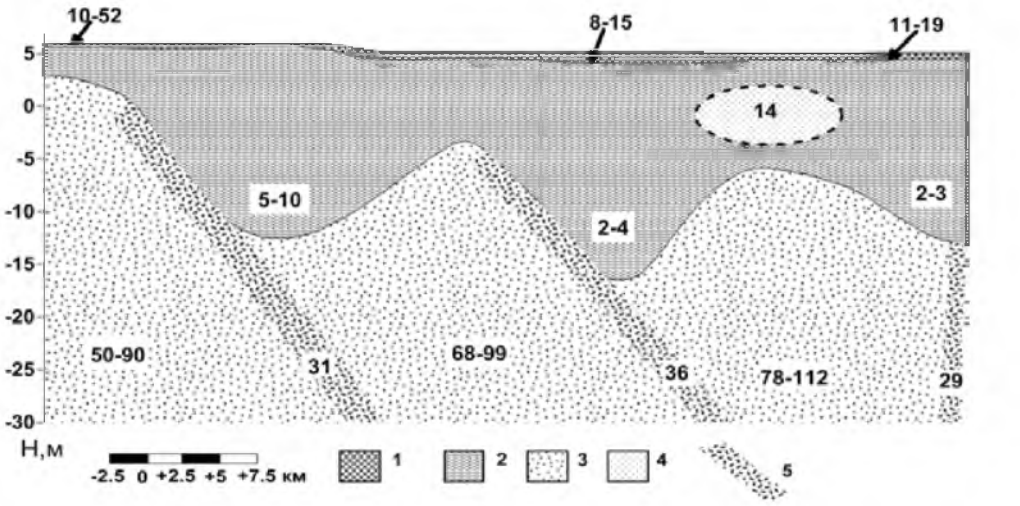


Рис.5. Обобщенная геологическая модель района исследования, полученная по результатам МТП

1 – сельскохозяйственный слой; 2 – ил; 3 – крупнозернистый песок; 4 – тонкодисперсный песок; 5 – предполагаемое положение зон разрывных нарушений

западной, западной, восточной и южной частях площади исследований. Этим районам соответствуют впадины плейстоценовых песков.

Геологическая модель района исследования представлена на рис.5.

Заключение. Применение электромагнитных методов исследований обеспечивает создание структурно-вещественной основы модели глубинного геологического строения района Нила. Основой глубинных построений являются три геоэлектрических разреза, которые отражают особенности глубинного строения площади исследований.

В пределах области исследований имеется сеть оросительных водных каналов, через которые поверхностные воды проникают в нижние горизонты, что отражается на разрезах удельного электрического сопротивления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hydrochemistry and water quality of groundwater in the central part of the Nile Delta, Egypt / M.G.Atwia, J.B.Khalil, M.M.El Awady, M.M.Habib // Egyptian Journal of Geology. 1996. Vol.41/2B. P.743-764.

2. *Kaufmann A.A.* Frequency and transient sounding. Methods in Geochemistry and Geophysics / A.A.Kaufmann, G.V.Keller // Elsevier Publ. Co., 1983. Vol.16. 685 p.

3. *Said R.* The geological evaluation of the River Nile. New York, Heidelberg, Berlin: Springer Verlag, 1981. 151 p.

4. *Serag El-Din H.M.* Geological, hydrogeological and hydrological studies on the Nile Delta Quaternary aquifer. PhD Thesis, Faculty of Science, Mansoura University, Egypt, 1990. 300 p.

5. Stratigraphy and sedimentation of Neogene-Quaternary section in the Nile Delta area (A.R.E.) / A.Rizzini, F.Vezzani, V.Cococcetta, G.Milad // Marine Geology, 1978. Vol.27. P.327-348.

6. The Neogene-Quaternary sedimentary basins of the Nile Delta, Egypt / Z.M.Zaghloul, A.A.Taha, O.A.Hegab, F.M.El-Fawal // Journal of Geology. 1997. Vol.21. P.1-19.

REFERENCES

1. *Atwia M.G., Khalil J.B., El Awady M.M., Habib M.M.* Hydrochemistry and water quality of groundwater in the central part of the Nile Delta, Egypt. Egyptian Journal of Geology. 1996. Vol.41/2B, p.743-764.

2. *Kaufmann A.A., Keller G.V.* Frequency and transient sounding. Methods in Geochemistry and Geophysics, Elsevier Publ. Co., 1983. Vol.16, p.685.

3. *Said R.* The geological evaluation of the River Nile. New York, Heidelberg, Berlin: Springer Verlag, 1981, p.151.

4. *Serag El-Din H.M.* Geological, hydrogeological and hydrological studies on the Nile Delta Quaternary aquifer. PhD Thesis, Faculty of Science, Mansoura University, Egypt, 1990, p.300.

5. *Rizzini A., Vezzani F. Cococcetta V., Milad G.* Stratigraphy and sedimentation of Neogene-Quaternary section in the Nile Delta area (A.R.E.). Marine Geology. 1978. Vol.27, p.327-348.

6. *Zaghloul Z.M., Taha A.A., Hegab O.A., El-Fawal F.M.* The Neogene-Quaternary sedimentary basins of the Nile Delta, Egypt. Journal of Geology. 1997. Vol.21, p.1-19.

APPLICATION OF THE TIME-DOMAIN ELECTROMAGNETIC METHOD FOR SHALLOW GROUNDWATER PROSPECTING IN ITAY EL-BAROUD AREA, NILE DELTA (EGYPT)

H.M.SHAABAN, *Postgraduate student, hshaaban001@yahoo.com*
National Mineral Resources University (Mining University), St Petersburg, Russia
H.GHAZALA, *Professor of Applied Geophysics, ghazala@mans.edu.eg*
Mansoura University, Egypt
E.AL-SAYED, *Professor of Applied Geophysics, saidragab2001@yahoo.com*
G.EL-QADY, *Professor of Applied Geophysics, gadosan@yahoo.com*
National Research Institute of Astronomy and Geophysics, Helwan-11421, Egypt

The Nile Delta is not only the oldest known ancient delta, but also is the largest and most important depositional complex in the Mediterranean sedimentary basin. Furthermore, it is a unique site in Egypt that is suitable for accumulation and preservation of the Quaternary sediments. There are very few investigations which have been carried out on the Upper Quaternary sediments of the western part of the Nile Delta. The present paper is mainly concerned with the application of the geophysical technique in the form of electromagnetic method to investigate the Quaternary sediments sequence as well as detecting the groundwater aquifer in the area of study.

A site of 232 TEM sounding in 43 stations were carried out using a «SIROTEM MK-3» time-domain system. A simple coincident loop configuration, in which the same loop transmits and receives signals, was employed. The loop side length was 25 m. A 1-D modeling technique was applied to estimate the depth and the apparent resistivity of the interpreted geoelectrical data.

Based on the interpretation of the acquired geophysical data, four geoelectric cross-sections were constructed. These sections show that the Upper Quaternary sequence consists of three geoelectric layers. The Holocene Nile mud is split into two layers: the agricultural root zone (Layer 1); thick water saturated mud (Layer 2). The Upper Pleistocene sandy aquifer (Layer 3) has very complicated non-linear boundary.

Key words: groundwater, electromagnetic methods, geoelectrical layers, Egypt.