

не менее, эффективность производства возросла. Реальная очевидность в ненужности рабочих рук увеличилась в 13 раз.

В заключение можно отметить, что все мировое сообщество озадачено тем, как выполнить работу эффективно меньшим количеством людей.

#### Список использованных источников

- 1) Сокращение Сбербанка в 2018: <https://www.banki.ru/news/lenta/?id=10873154>
- 2) [https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2240363/Report%20-%20How%20Robots%20Change%20the%20World.pdf?utm\\_medium=email&hsenc=p2ANqtz--K7kgPhJ7k-o3CX7f029ZmeMO\\_oDTNrwYYxrrVYFjKjh\\_00a3Wnz-U42mRNLGTqPLPd7TCgmS6n-ype13-3wEh-thBQw&hsmi=74013545&utm\\_content=74013545&utm\\_source=hs\\_automation&hsCtaTracking=07b1855a-24f4-4b99-bcb8-b0d2a13b715e%7C53b7a48e-9591-4179-8eab-694443190b4f](https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2240363/Report%20-%20How%20Robots%20Change%20the%20World.pdf?utm_medium=email&hsenc=p2ANqtz--K7kgPhJ7k-o3CX7f029ZmeMO_oDTNrwYYxrrVYFjKjh_00a3Wnz-U42mRNLGTqPLPd7TCgmS6n-ype13-3wEh-thBQw&hsmi=74013545&utm_content=74013545&utm_source=hs_automation&hsCtaTracking=07b1855a-24f4-4b99-bcb8-b0d2a13b715e%7C53b7a48e-9591-4179-8eab-694443190b4f)
- 3) Статья о об этом исследовании <https://www.cnn.com/amp/2019/06/26/robots-could-take-over-20-million-jobs-by-2030-study-claims.html>
- 4) Отчеты билайна <https://www.veon.com/investors/reports-results/reports-results/?category=annual-reports-20f>

УДК 004.67; 550.379

### ОБРАБОТКА ДАННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИЕЙ В ГОРОДИЩАХ «КОСАЯ ГОРА» И «ОПАКОВ» КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ (РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ)

Турарова Маржан Кабдыкалиевна

*marzhan\_08@mail.ru*

Докторант Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель: Миргаликызы Толкын

*Аннотация.* В данной статье представлены результаты обработки полевых данных электрической томографии. Данные получены во время проведения геофизического исследования в городищах «Косая гора» и «Опак» (памятники археологии), которые находятся в Калужской области на берегу реки Угра вблизи базы учебных геофизических практик Московского Государственного университета им. М.В. Ломоносова в деревне Александровка.

*Ключевые слова:* электрическая томография; рельеф земной поверхности; интерпретация; 2D инверсия.

**Введение.** В классическом методе сопротивлений, как известно, электрическая томография (ЭТ) на сегодняшний день является новым модифицированным методом и обладает значительными преимуществами по сравнению с вертикальным электрическим зондированием (ВЭЗ) за счет технологии многоэлектродных зондирований, где плотность наблюдений и скорость зондирования гораздо больше [1, 2]. ЭТ является мощным аппаратно-программным инструментом для получения 2D и 3D визуальных разрезов исследуемой среды. Особенно, ЭТ в решении археологических задач является эффективным для детализации и оценки полученных аномалий по форме объектов, глубине залегания и свойствам. На практике геофизических исследований применение электрической томографии оправдано по следующим причинам: у большинства археологических объектов размеры конечные и их удобно изучать с помощью двумерных и трехмерных технологий; у археологических объектов более контрастные электрические свойства, отличающиеся от электрических свойств вмещающей среды; глубина объектов в большинстве случаев не превышает 1.5-2 м [3]. Тем не менее, большинство исследований электрической томографией проводятся на местах, где влияние неровной поверхности земли может привести к вводящим

в заблуждение ложным аномалиям [4], например, исследования погребения в виде братских захоронений, одиночных могил или древних курганов, ям, сохранившихся пустот, камер, тоннель, подземных ходов, подводных объектов типа дамб, стен, зданий, землянок, отсыпь строительного мусора. Для интерпретации данных ЭТ используются разные программы 2D и 3D инверсии разных производителей. Практика применения программ 2D и 3D инверсии при электротомографических исследованиях и моделированиях показывает, что инверсия данных среды с неровной поверхностью земли искажает информацию. Для более точной инверсии и интерпретации данных электротомографии развитие методов по учету и устранению влияния рельефа поверхности земли вызывает большой научный интерес у большинства ученых и геофизиков.

Целью данной работы является проведение геофизического исследования электрической томографией в археологических городищах «Опаков» и «Косая гора» национального парка «Угра» Калужской области (Российская Федерация), обработка полученных полевых данных, получение псевдоразрезов кажущихся сопротивлений исследуемой среды для дальнейшей 2D инверсии, интерпретации и оценки влияния неровной поверхности земли с крутыми углами наклонов.

Городища «Косая гора» и «Опаков» (памятники археологии), которые находятся в Калужской области на берегу реки Угра вблизи базы учебных геофизических практик Московского Государственного университета им. М.В. Ломоносова в деревне Александровка.

**Обработка данных электрической томографии.** Для проведения геофизических исследований электрической томографией использована специальная станция со встроенными программными обеспечениями преобразования полевых данных – Омега-48. Для получения псевдоразрезов кажущегося сопротивления ( $\square_k$ ), предварительного просмотра и редакции данных используется программа x2ip1 (Бобачев А.А.), которая позволяет корректировать, настроить аппаратуру, проверить и оценить качество измерений. В данной программе также есть возможность сохранения измеренных данных (значения кажущегося сопротивления) в формате для загрузки в широко используемые программы 2D и 3D инверсии. Для 2D инверсии данных используется программа Res2DInv [5].

*Первый участок – городище «Косая гора».* Косая гора – это археологическое памятное место, где на окраине обитали племена восточных балтов в эпоху раннего железного века (конец 1 тыс. до н.э.) до середины 1 тыс. н.э. Восточнобалтские племена занимались земледельцем и скотоводством. Поселки защищались от нападения в местах, огражденных искусственными оборонительными сооружениями, насыпанными земляными валами и рвами. Во времена Великой Отечественной войны сооружения частично были нарушены окопами (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Городище «Косая гора»

В городище «Косая гора» были проведены измерения по 7 профилям с длиной каждого профиля по 194 м, шаг между электродами 1 м, шаг между профилями 4-5 метров. Измерения проводились установкой дипольной осевой АВМН и четырехэлектродной Шлюмберже АМNB (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Проведение измерений электрической томографией в городище «Косая гора»

По профилям в городище «Косая гора» получены псевдоразрезы кажущихся сопротивлений для дальнейшего проведения 2D инверсии. На рисунке 3 представлены псевдоразрезы кажущихся сопротивлений последнего профиля.

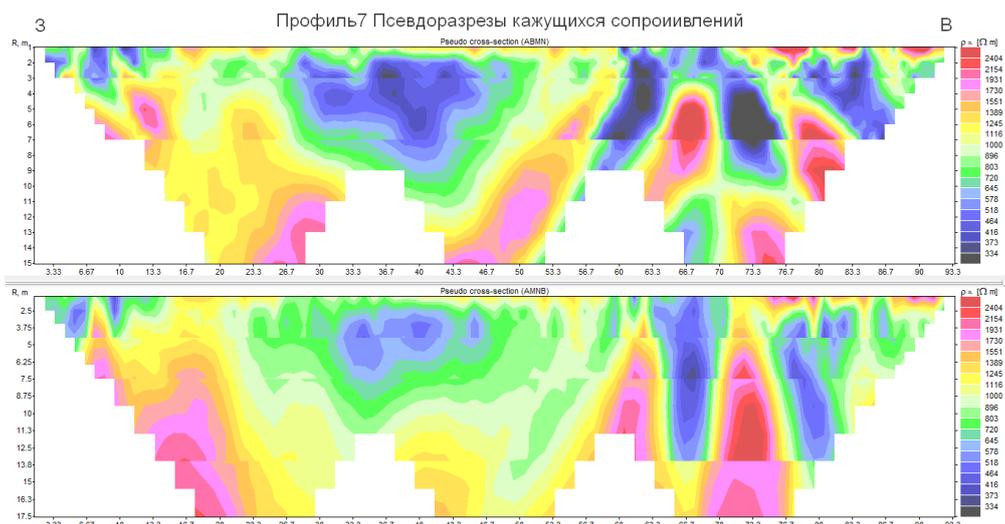


Рисунок 3 – Псевдоразрезы кажущихся сопротивлений по последнему профилю 7 (в городище «Косая гора»): сверху – разрез  $\square_k$  для дипольной установки АВМН, внизу – разрез  $\square_k$  для установки Шлюмберже АМНВ

*Второй участок – городище «Опаков».* Опаков – это археологическое памятное место, где на северо-западной окраине обитали племена восточных балтов в эпоху раннего железного века (7-8 вв. до н.э.). В средневековье (14-15 вв.) Опаков был пограничной крепостью Московского княжества и Великого Княжества Литовского (Рисунок 4).

Геофизические исследования с применением электрической томографии были проведены на крутых рвах и валах городища (под углами наклона  $30^0$ - $45^0$ ), где сохранился фундамент крупной каменной оборонительной башни.



Рисунок 4 – Проведение измерений электрической томографией в городище «Опак»

Общая длина профиля составила 193 м. Измерения проводились четырехэлектродной установкой Шлюмберже AMNB и дипольной осевой ABMN. По одному профилю проведены два измерения, первое измерение сделано косой с 5 метровым шагом между электродами, второе измерение сделано косой с метровым шагом между электродами. Построены псевдоразрезы кажущихся сопротивлений для каждой установки. На рисунке 5 представлены псевдоразрезы кажущихся сопротивлений профиля, полученные в результате измерения косой с 5 метровым шагом между электродами.

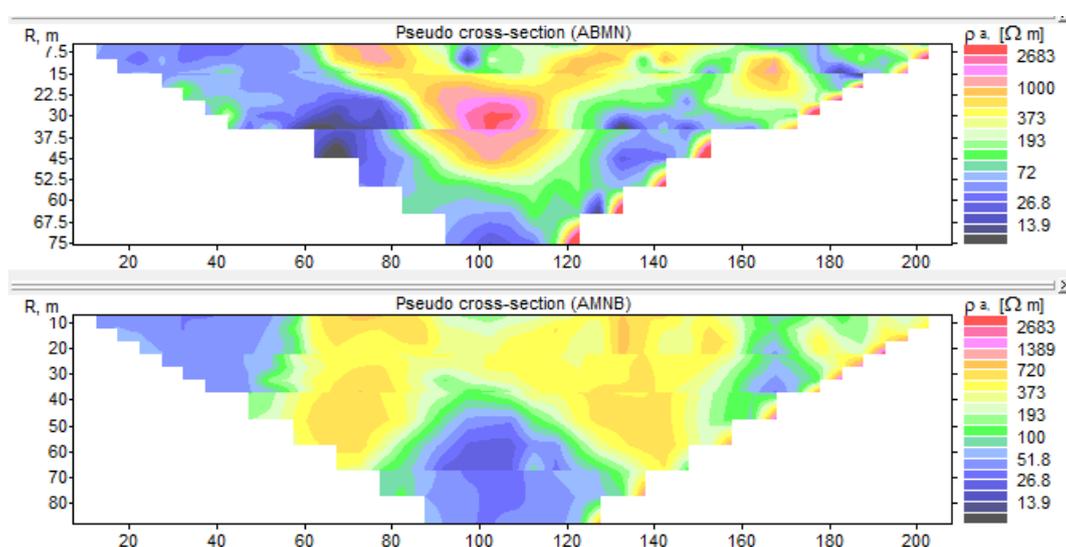


Рисунок 5 – Псевдоразрезы кажущихся сопротивлений по профилю (в городище «Опак»). Шаг между электродами 5 метров: сверху – разрез  $\square_k$  для дипольной установки ABMN, внизу – разрез  $\square\square_k$  для установки Шлюмберже AMNB

С помощью программы Res2DInv получен сглаженный осредненный график рельефа, модели блоков измерения и геоэлектрические разрезы истинных сопротивлений. На рисунке 6 представлен геоэлектрический разрез по профилю измерения с шагом 5 метров между электродами.

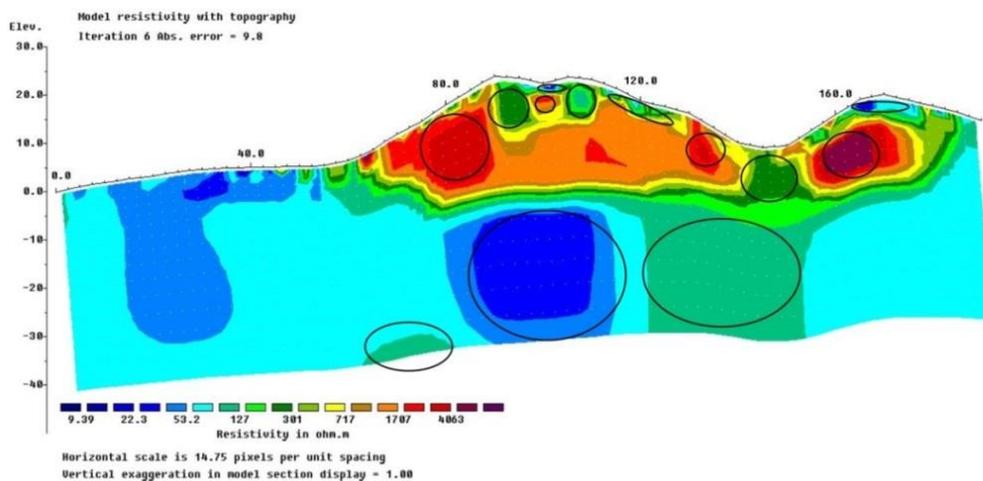


Рисунок 6 – Геоэлектрический разрез истинных сопротивлений по профилю измерения с шагом 5 метров между электродами

На полученном геоэлектрическом разрезе некоторые максимальные и минимальные значения аномальных зон отмечены круговыми знаками. Они могут быть последствием влияния неровной поверхности земли. Можно заметить характер влияния рельефа земной поверхности в зависимости от угла наклона рельефа и контрастности сопротивления среды, где под спуском рельефа значения удельного электрического сопротивления показывают минимальные значения, а под подъемами – максимальные.

**Вывод.** В результате проведения электротомографии в городищах «Косая гора» и «Опаков» получены псевдоразрезы кажущихся сопротивлений, которые были обработаны с помощью программы x2ip1 (Бобачев А.А.). По данным измерения электрической томографией в городище «Опаков» были построены геофизические разрезы с помощью программы 2D инверсии Res2DInv. Сделаны предположительная интерпретация по 2D геофизическим разрезам и оценка влияния рельефа поверхности земли на результаты инверсии. Предполагаемый результат интерпретации по данным профиля измерения из городища «Опаков» показывает, что верхний слой с неровной поверхностью земли состоит из слегка увлажненного песка, а нижний слой состоит из суглинка. Для уточнения формальной интерпретации, учитывая влияние рельефа поверхности земли, требуются априорные данные скважин или совершенствование методов учета и устранения влияния рельефа поверхности земли.

#### Список использованных источников

1. А.А. Бобачев, А.А. Горбунов, И.Н. Модин, В.А. Шевнин. Электротомография методом сопротивлений и вызванной поляризации // Приборы и системы разведочной геофизики, 2006, N02, С. 14-17.
2. Бобачев А.А., Ерохин С.А., Шевнин В.А., Белушко И.И. 2D моделирование и инверсия электротомографии для обучения и изучения // Инженерная и рудная геофизика 2010, Геленджик, Россия, 26-30 апреля 2010. 4с. (Электронная версия).
3. Бобачев А.А., Журбин И.В., Модин И.Н., Шевнин В.А. Применение электротомографии для решения археологических задач // Инженерная и рудная геофизика 2009, Геленджик, 26-30 апреля 2009. 2с. (Электронная версия).
4. Fox, R.C., Hohmann, G.W. and Killpack, T.J., «Topographic Effect in Resistivity and Induced Polarization Surveys»// Geophysics. 1980, vol. 45. , No. 1, pp. 75-93.
5. Loke, M.H. and Barker, R.D. Rapid Least-Squares Inversion of Apparent Resistivity Pseudosections by a Quasi-Newton Method. Geophysical Prospecting, 1996, 44, pp. 131-152.