

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе ФГБОУ ВПО
«Национальный минерально-сырьевой университет
«Горный», д.т.н., профессор
В.Л. Трушко



« 2 » // 2014 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Национальный минерально-сырьевой университет "Горный"» на диссертационную работу Павловой Александры Михайловны на тему «Применение малоглубинной электроразведки для изучения трехмерно неоднородных сред», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 – геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Диссертационная работа Павловой А.М. посвящена методическому и техническому развитию различных методов малоглубинной электроразведки, направленных на изучение трехмерно неоднородных геоэлектрических сред. Работа состоит из введения, четырех глав и заключения общим объемом 128 страниц текста, включая список литературы из 135 наименований и 58 рисунков.

Доклад Павловой А.М. по теме диссертации был заслушан на заседании кафедры геофизических и геохимических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых геологоразведочного факультета ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»» (протокол № 3 от 30 октября 2014г.).

На основании обсуждения на заседании кафедры, а также на основе анализа текста диссертации, автореферата и знакомства с публикациями Павловой А.М. по теме диссертации сделаны следующие заключения:

1. Актуальность диссертационной работы Павловой А.М. не вызывает сомнения. В последнее время задачи малоглубинной электроразведки становятся значительно сложнее: возрастают требования к детальности исследований и все чаще необходимо получение объемной модели исследуемой среды, то есть модели с трехмерным распределением параметров. Большинство разработанных и успешно применяемых в настоящее время модификаций метода сопротивлений предполагает приближенное одномерное или двумерное строение среды. При изучении сложно построенных трехмерных геоэлектрических сред такими методами, в результатах измерений возникают искажения. Они влекут за собой некорректную интерпретацию результатов. Для получения корректного результата необходимо либо совершенствовать способы подавления этих

искажений, либо развивать трехмерные методы исследования, в которых искажения будут нести полезную информацию. Двумерные методики измерений в общем случае лучше развиты, проще в реализации, дешевле и производительнее трехмерных. К тому же они имеют меньше ограничений по расположению сети наблюдений. Поэтому исследования эффектов от трехмерных неоднородностей в двумерных данных дают возможность улучшить результат интерпретации и минимизировать вероятность ошибочных выводов без перехода к более сложной трехмерной методике измерений или при сложных полевых условиях с ограничением сети наблюдений. А трехмерные методики изучения, в свою очередь, очевидно, лучше подходят для изучения трехмерных сред при необходимой высокой детальности и точности. В работе Павловой А.М. разрабатываются каждое из этих востребованных практикой направлений.

2. Диссертационная работа Павловой А.М. обладает **научной новизной** и способствует развитию геофизики как отрасли науки. В работе развиваются различные методики изучения трехмерных геоэлектрических сред и способы подавления искажений, вызванных трехмерным строением среды, в данных более распространенных в настоящее время двумерных измерений. В частности, впервые опробована методика псевдо-3D-электротомографии с двумя азимутами профилей наблюдений. На основе результатов моделирования и полевых экспериментов показана эффективность применения предлагаемых методик при решении широкого круга задач картирования и при изучении геолого-геофизического объемного строения трехмерно неоднородных сред. Работа способствует общему развитию трехмерного подхода к изучению сред методами малоглубинной электроразведки.

3. Диссертационная работа Павловой А.М. содержит важные **научные результаты**, сформулированные в четырех защищаемых положениях:

- Предложена классификация типов трехмерных объектов, основанная на их форме и расположении относительно профиля наблюдений. Выявлены и описаны искажения геоэлектрического разреза, возникающие при изучении сред с трехмерными неоднородностями различного типа с помощью двумерной электротомографии по профилю (эффект ограничения глубины нижней кромки трехмерного объекта и эффект от влияния продольного рельефа).
- Предложено два пути коррекции искажений от влияния продольных неоднородностей на данные двумерных измерений: ввод рассчитанных на основе моделирования коэффициентов в кажущееся сопротивление и анализ разностных разрезов при режимных циклических наблюдениях. На примере режимных исследований КНП Богучанской ГЭС показана эффективность обоих способов коррекции.
- Доказано, что при использовании двух перпендикулярных питающих линий в методе СГ форма и амплитуда аномалий инвариантов кажущегося сопротивления от линейных высокоомных объектов не зависит от их ориентации.

- Предложено использование 2-х перпендикулярных азимутов профилей в методике псевдо-3D-электротомографии. Показана высокая эффективность методики при изучении сложно построенных трехмерных сред различной контрастности.

4. Основная практическая ценность работы определяется повышением детальности и точности исследований, проводимых методами малоглубинной электроразведки при исследовании трехмерно неоднородных сред. Предложенные способы корректировки искажений при обработке данных двумерных измерений позволят получать более надежные результаты при интерпретации аномалий, что особенно важно в условиях существенных ограничений сети наблюдений. Кроме этого, **практическая ценность** работы выражается в получении геолого-геофизических и инженерных результатов по объектам исследований, приведенным в работе в качестве примеров.

5. Достоверность основных результатов диссертации и личный вклад автора в их получение не вызывают сомнений.

6. Сформулированы следующие **замечания**, касающиеся содержания диссертационной работы и формулировок, приводимых автором в тексте:

6.1 Замечания к главе 2, разделу 1 и 1-му защищаемому положению. (*Глава 2.* Влияние трехмерного строения среды на данные двумерных наблюдений. *Раздел 1.* Классификация трехмерных неоднородностей).

В основу классификации положены только два признака: расположение и протяженность геоэлектрических неоднородностей простой геометрической формы относительно профиля электроразведочных наблюдений. В предлагаемую классификацию не включены, такие важные для электроразведочных исследований факторы, как электрические свойства и удаленность неоднородностей от линии профиля соотнесенная с размерам измерительной установки. Известно, что высокоомные неоднородности, вытянутые вдоль профиля, приводят к искажению электроразведочных наблюдений, а низкоомные - создают экранирующий эффект, при размерах электроразведочной установки, превышающих расстояние до неё. Эти факторы, представляющие большой практический интерес в связи с необходимостью учета их влияния при проектировании электроразведочных работ, практически не учтены в предлагаемой классификации.

Необходимо заметить также, что для решения большинства практических задач важно, наряду с объектами, вытянутыми вдоль профиля, учитывать также боковое влияние локальных 3D неоднородностей, не пересекаемых профилем наблюдений. Этот тип объектов не включен в предложенную классификацию. Вместе с тем, именно такие неоднородности создают ложные аномалии, принимаемые интерпретатором в качестве эффекта от геологического объекта, пересекаемого профилем, что приводит к получению недостоверных сведений о строении геологического разреза по электроразведочным данным.

Предельная упрощенность классификации, проявляющееся в том, что в ней не достаточно полно рассмотрены факторы, существенно влияющие на данные электроразведочных наблюдений, не позволяет рассматривать классификацию, включенную в защищаемое положение 1, как имеющую научное и практическое значение.

6.2 Замечания к главе 2 разделу 2 и 1-му защищаемому положению (Глава 2. Влияние трехмерного строения среды на данные двумерных наблюдений. Раздел 2. Эффект ограничения глубины нижней кромки трехмерного объекта в данных двумерной профильной томографии).

В разделе 2 главы 2, посвященном эффекту ограничения глубины нижней кромки трехмерного объекта в данных двумерной профильной томографии, рассмотрена модель карстово-суффозионной полости в виде вертикального параллелепипеда горизонтальные размеры которой составляют 40х40м, а глубина достигает 100м. Выбор столь упрощенной формы и конкретных размеров модели не опираются на описание её конкретного геологического аналога. Карстовые полости суффозионного происхождения имеют обычно более разнообразную и сложную форму, а нижняя кромка не всегда горизонтальна.

Определение глубины залегания нижней кромки трехмерного объекта, как известно, представляет собой наиболее сложную задачу интерпретации в силу большой неустойчивости определения этого параметра по геофизическим данным. Сложность решения этой задачи по электротомографическим разрезам усугубляется гладким решением обратной задачи, получаемым в результате инверсии. В работе следовало обосновать и описать способ определения этого параметра. Указание на то, что «вычисление точности границ» по предлагаемой формуле 2.2. (стр.23) «зависит от субъективной оценки интерпретатора» вносит дополнительную неопределенность в оценку «эффекта ограничения глубины нижней кромки трехмерного объекта».

Для полноты описания данного эффекта желательно также показать и проанализировать геоэлектрические модели с меньшими значениями глубин залегания нижней кромки, тем более что указание на формирование таких моделей в главе 2 содержится.

6.3 Замечания к главе 2 разделу 3 и 2-му защищаемому положению (Глава 2. Влияние трехмерного строения среды на данные двумерных наблюдений. Раздел 3. Влияние трехмерных продольных неоднородностей на данные двумерной профильной электротомографии).

Разработка идеи использования режимных наблюдений методом электротомографии для локализации зон повышенной фильтрации воды в теле плотины по мере повышения уровня воды в верхнем бьефе представляется актуальной. Предлагаемый в диссертации способ обработки данных режимных наблюдений, основанный на оценке изменений значений УЭС на электротомографических разрезах, полученных в различных циклах измерений, логичен и обоснован. Однако следует отметить, что формула

расчета параметра D_p , характеризующего относительные изменения параметров геоэлектрических разрезов, содержит процедуры вычитания и вычисления среднего арифметического значений УЭС (формула 2.3., с.44). В то время как, более корректным считается определение отношений и значений геометрического среднего УЭС, что обусловлено логнормальностью основных параметров электроразведки. Отказ от этих традиционных представлений может приводить к искажениям масштаба реальных изменений в получаемых электроразведочных данных, и потому требует дополнительного обоснования или пояснений.

Коррекция влияния продольного рельефа плотины путем «ввода коэффициентов в кажущееся сопротивление» рассматривается на основе решения прямой задачи электроразведки для 3-х геоэлектрических моделей (рис.2.16, с.50). В этих моделях не учтено наличие воды в водохранилище, влияние которой вносит значительный вклад в результаты электроразведочных наблюдений. Алгоритм расчета поправочных коэффициентов для вычисления кажущегося удельного электрического сопротивления, имеющий большое практическое значение, фактически не сформулирован в работе, что затрудняет оценку корректности введения поправок за боковое влияние рельефа и требует дополнительных пояснений к разработанным вычислительным процедурам.

На рисунке 2.19 (с.53) приведены геоэлектрические разрезы, полученные до и после введения поправок за рельеф плотины. Сопоставление разрезов показывает, что значительных изменений в значениях и характере пространственных изменений УЭС, указывающих на необходимость введения предлагаемых поправок в условиях обследованной плотины, не отмечается.

6.4 Замечания к главе 3 и 3-му защищаемому положению (Глава 3. Теория пространственных инвариантов при обработке данных метода СГ).

Метод срединного градиента с ортогональными питающими линиями успешно применяется в археологических исследованиях для картирования остатков фундаментов построек, начиная с середины 70-х годов прошлого века. Использование пространственных инвариантов при обработке данных ЭП-СГ с двумя линиями АВ является современным этапом развития данной методики наблюдений. Что убедительно обосновано в работе с теоретических позиций и проиллюстрировано большим количеством практических примеров.

Следует отметить, что для измерения компонент тензора, описывающего данные ортогональных наблюдений, целесообразно использовать метод вращающегося электрического поля, практическая реализация которого возможна с помощью электроразведочной аппаратуры «ЭРА».

7. Приведенные в п.6 замечания не меняют общую высокую оценку диссертационной работы. Диссертационная работа Павловой А.М. представляет собой законченную целостную научно-квалификационную работу. Автореферат диссертации полностью соответствует содержанию

работы. Диссертационная работа Павловой А.М. соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам диссертант заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых за разработку и усовершенствование методов малоуглубинной электроразведки для изучения сложно построенных, трехмерно неоднородных сред.

Отзыв ведущей организации заслушан, обсужден и утвержден на заседании кафедры геофизических и геохимических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых геологоразведочного факультета ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»», протокол № 3 от 30 октября 2014 г.

Отзыв составлен:

Профессор кафедры
геофизических и геохимических
методов поисков и разведки
месторождений полезных
ископаемых, доцент, доктор
технических наук

Глазунов Владимир Васильевич

Председатель заседания,
заведующий кафедрой
геофизических и геохимических
методов поисков и разведки
месторождений полезных
ископаемых, доктор геолого-
минералогических наук

Егоров Алексей Сергеевич

Секретарь заседания, ведущий
инженер кафедры геофизических и
геохимических методов поисков и
разведки месторождений полезных
ископаемых

Горбунова Валентина Алексеевна

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, д. 2,
тел. (812) 328-82-75, (812) 328-84-39, asegorov@spmi.ru