

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИН ЗАЛЕГАНИЯ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ В УСЛОВИЯХ КУЗБАССА



О.В. Тайлаков

д-р техн. наук, профессор,
проректор по научной работе и
стратегическому развитию ФГБОУ
ВО «КузГТУ», заведующий
лабораторией ФГБНУ «ФИЦ УУХ
СО РАН»



Д.Н. Застрелов

канд. техн. наук, старший научный
сотрудник ФГБНУ «ФИЦ УУХ СО
РАН»



Е.А. Салтымаков

старший инженер ФГБНУ «ФИЦ
УУХ СО РАН»



М.П. Макеев

канд. техн. наук, старший научный
сотрудник ФГБНУ «ФИЦ УУХ СО
РАН»



С.В. Соколов

младший научный сотрудник
ФГБНУ «ФИЦ УУХ СО РАН»



А.С. Ярош

канд. техн. наук, генеральный
директор АО «НИИГД»

Рассмотрено применение электротомографии для определения границ обводненных участков углепородного массива, приведены результаты полевых исследований гидрогеологических условий угольного разреза на основе использования электроразведочных методов для разработки комплекса мероприятий по обеспечению безопасного ведения горных работ. Представлены результаты сопоставительного анализа геологоразведочных и полученных методом электротомографии данных для участка горного отвода, содержащего влагонасыщенные и водоносные слои.

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА, ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИЯ, ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ, ВОДОНОСНЫЙ ГОРИЗОНТ, ВОДОУПОРНЫЙ СЛОЙ, ИНВЕРСИЯ

При изучении горно- и гидрогеологических условий в инженерно-геологических, геоэкологических изысканиях и поисково-разведочных работах на отдельные виды полезных ископаемых расширяющееся применение находят методы электротомографии, позволяющие картировать массив горных пород на относительно небольших глубинах с

высокой плотностью геофизических наблюдений перераспределения удельного электрического сопротивления (УЭС) и вызванной поляризации. Этот подход позволяет выделить элементы массива и оценить их физико-механическое состояние на основе изучения электрических свойств горных пород [1].

Для разведки и оценки параметров углепородного массива на угольных месторождениях Кузбасса используются традиционные методы, в том числе бурение с отбором проб и скважинные геофизические исследования [2, 3, 10]. Безусловно, эти методы являются наиболее точными, но, вместе с тем, весьма трудозатратными. Применение электротомографии позволяет существенным образом снизить издержки на проведение комплекса геологоразведочных работ с возможностью визуализации предварительного геологического разреза исследуемого участка с высоким разрешением. При этом данные, полученные при бурении, используются для определения соответствия между реальными горно- и гидрогеологическими условиями и электрическими свойствами исследуемых областей углепородного массива. Наиболее перспективно применение электротомографии при добыче угля открытым способом,

поскольку получение качественных данных с удовлетворительным разрешением ограничено глубиной исследований до 90 м, а применение электроразведочных методов в горных выработках угольных шахт затруднительно из-за их возможного загазования [4]. При этом необходимо отметить, что теоретическая, методическая и аппаратная база электроразведки на сегодняшний день не ориентирована для работы во взрывоопасной среде.

Поставлена задача оценки гидрогеологических условий угольного разреза, расположенного в Прокопьевско-Киселевском геолого-экономическом районе Кузбасса, для обеспечения устойчивости бортов в условиях интенсивного водопритока. Рассматриваемый угленосный массив характеризуется наличием антиклинальной складки при углах падения плоскостей 55-75°. Изыскания проводились на участках с пробуренными разведочными скважинами и установившимся в них уровнем воды с учетом следующих факторов:

- при высокой проницаемости забоя скважины уровень воды в ней устанавливается ниже водоносного горизонта;
- при большом дебите и высоком напоре воды уровень воды в скважине устанавливается выше водоносного горизонта;
- по уровню воды в скважине невозможно определить границы водоносного горизонта и водоупорного слоя.

Для определения гидрогеологических условий выполнен комплекс полевых электроразведочных исследований методом электротомографии по двум профилям, размещенным вдоль борта угольного разреза. В соответствии



Рисунок 1 - Многоэлектродная электроразведочная станция «Скала-48»

с поставленной задачей исследования выбраны параметры измерений:

- количество датчиков - 48;
- интервал между датчиками – 2 и 5 м;
- мощность генератора 30 %.

Инициация и регистрация электрического сигнала выполнена с применением многоэлектродной электроразведочной станции «Скала-48» (рис. 1) [5].

Полученные результаты измерений обработаны с использованием стандартных процедур после исключения совокупности данных, имеющих погрешность более 0,7 % и превышающих допустимый диапазон значений разности потенциалов и силы тока [6]. В связи с тем, что угол падения геологических слоев 55-75°, отношение вертикальной и горизонтальной характеристик фильтра задано 1,5 [7]. Это значение позволяет при процедуре инверсии отслеживать наклонно-ориентированные аномалии. Также перед применением этой процедуры была вы-

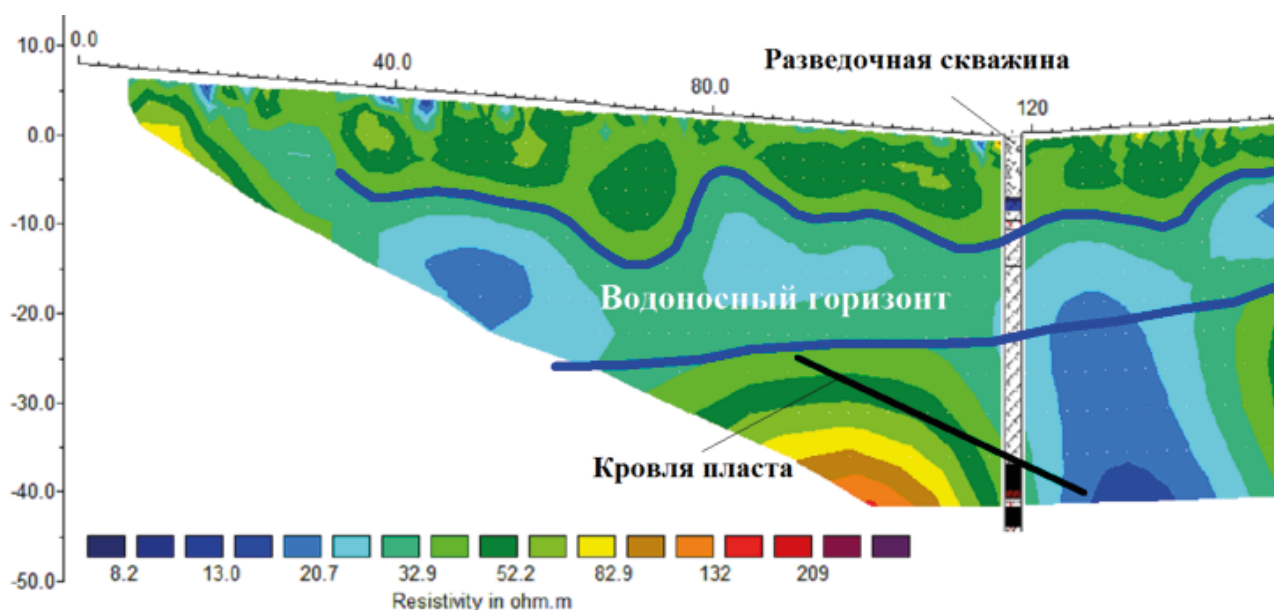


Рисунок 2 - Геоэлектрический разрез по профилю №1

полнена высотная привязка к поверхности исследований и построена линия рельефа, а также заданы мощности слоев модели, соответствующие мощности геологических слоев [8, 9].

На одном из участков (рис. 2) при геофизических исследованиях зарегистрирован водоносный горизонт мощностью 15-19 м, представленный переслаиванием песчаника с алевролитами (15-30 Ом*м). Уровень воды в скважине на момент проведения исследований – 13,5 м. Установлено, что установившийся в скважине уровень не соответствует параметрам водоносного горизонта. Также в результате применения электротомографии определена минерализация вод – 0,28-0,56 г/л и граница кровли угольного пласта вдоль градиента удельных сопротивлений

(30-200 Ом*м), которая соответствует кровле по данным геологоразведки.

На другом участке (рис. 3) изыскания выполнялись с шагом между датчиками 5 и 2 м с глубиной исследований 45 и 18 м. Обводненный участок зарегистрирован на глубине 0,5 м от поверхности (15-30 Ом*м). При этом на момент проведения исследований уровень воды в скважине составлял 1-2 м. Таким образом, уровень воды в скважине ниже уровня подземных вод. Вероятно, это связано с высокой проницаемостью забоя скважины. Верхние слои представлены крупнообломочными породами, поэтому подъем уровня подземных вод за счет капиллярных сил исключается в данном случае. Также была отстроена линия водоупорного слоя на данном

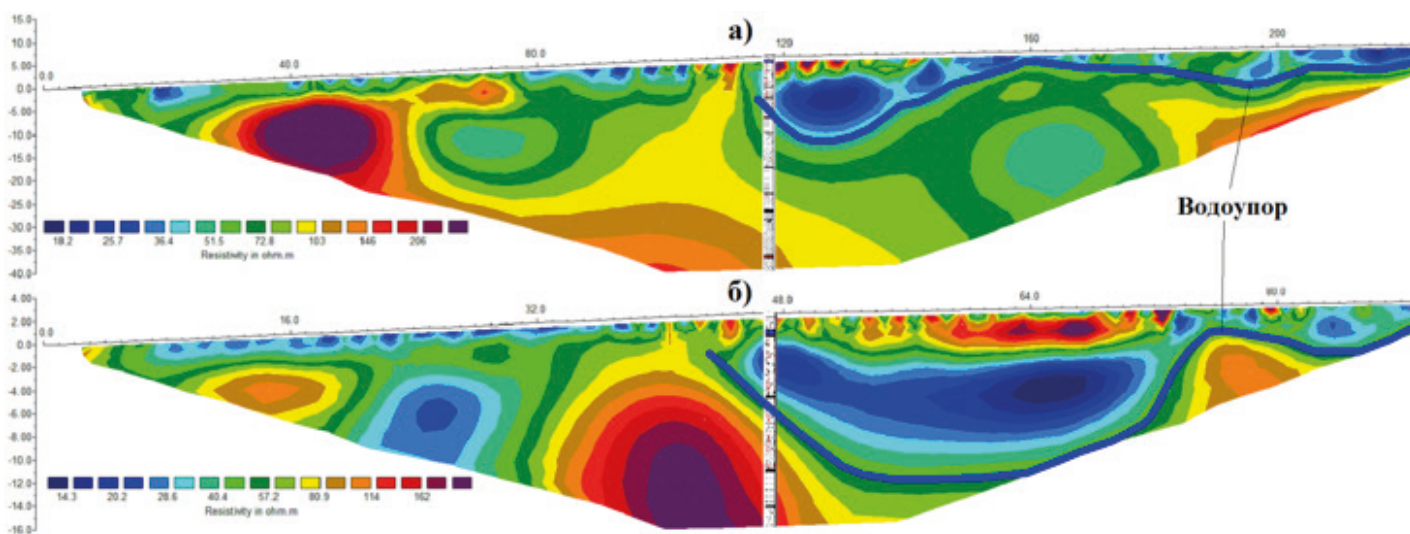


Рисунок 3 - Геоэлектрические разрезы по профилю № 2: а) шаг между датчиками - 5 м; б) шаг между датчиками - 2 м

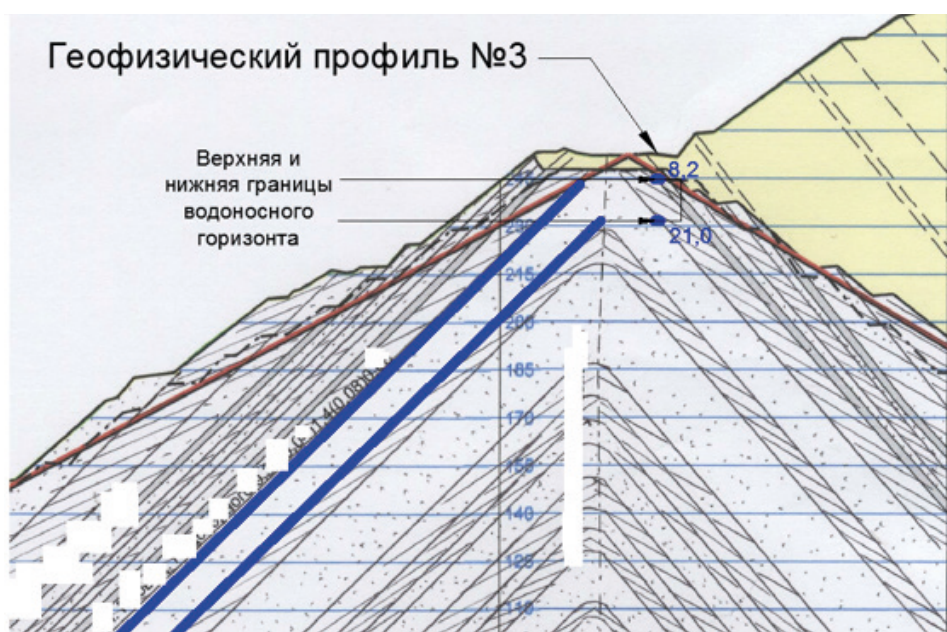


Рисунок 4 – Фрагмент профиля горных работ

участке.

Другие разрезы на исследуемых участках характеризуются схожими результатами, а именно: наличием мощного водоносного горизонта в коренных породах (песчаник и алевролит), начиная с глубины 15-25 м. Идентифицированный угольный пласт также зарегистрирован на других участках исследований. По данным электроразведочных работ совместно со специалистами угледобывающего предприятия на профили горных работ нанесены водоносные горизонты (рис. 4).

На основе полученных результатов разработаны рекомендации, определяющие порядок ведения горных работ на участках влияния подземных вод, а также запланированы технические мероприятия водопонижения для обеспечения безопасных условий труда. Впоследствии результаты исследования были подтверждены

пробуренными горизонтальными водопонижающими скважинами.

Выполненные исследования позволили установить:

- высокую контрастность геоэлектрических разрезов, обусловленную различием на 1-2 порядка УЭС обводненных участков и относительно сухих пород;

- необходимость предварительного задания мощности блоков модели, соответствующих мощности геологических слоев, для локализации водоносного горизонта;

- возможность определения кровли угольного пласта по линии градиента УЭС.

Таким образом, подтверждена высокая эффективность применения электротомографии для определения границы водоносных горизонтов с возможностью уточнения условий залегания угольных пластов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Салтымаков, Е. А. Применение электрической разведки для мониторинга массива и оценки качества охранных гидросооружений на ликвидированных шахтах Кузбасса / Е. А. Салтымаков, С. В. Соколов, О. В. Тайлаков // Мат-лы IV Инновационного конвента «Кузбасс: образование, наука, инновации» (Кемерово, 4-5 декабря 2014 г.). – Кемерово, 2014. – С. 43 – 46.
2. Соколов, С. В. Применение сейсмической разведки для уточнения горно-геологических условий разработки угольных месторождений / С. В. Соколов // Сб. трудов Всерос. науч. конф. для студентов, аспирантов и молодых ученых с элементами научной школы «Горняцкая смена – 2013». Т. 3. – Новосибирск: Изд-во ИГД СО РАН, 2013. – С. 153–155.
3. Соколов, С. В. Применение сейсмической разведки для оценки условий залегания угольных пластов и определения в углепородном массиве зон с измененными характеристиками / С. В. Соколов // Сб. тр. ежегодной молодежной конф. ИУ СО РАН (Кемерово, 16-17 апреля 2015 г.) [Электронный ресурс] : Электронные текстовые дан. – Кемерово: Институт угля СО РАН, 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска. – ISBN 978-5-902305-46-0. № гос. регистрации: 0321502236 № свидетельства 40872 от 21 августа 2015 г. – С. 97-104.
4. Козырева, Е. Н. Динамика метанообильности выемочных участков угольных шахт / Е. Н. Козырева // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – Отдельный выпуск. № 6. – С. 238 – 244.
5. Булгаков, А. Ю. Геофизический прибор для автоматизации многоэлектродной электроразведки / А. Ю. Булгаков, А. К. Манштейн // Приборы и техника эксперимента. – 2006. – № 4. – С. 123–125.
6. Колесников, В. П. Основы интерпретации электрических зондирований / В. П. Колесников. – М.: Научный мир, 2007. – 248 с.
7. Loke, M. H. Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ualberta.ca/~unsworth/UA-classes/223/loke_course_notes.pdf.
8. Фаре, А. Н. Применение электротомографии для разведки угольных пластов и контролирующих их водоносных горизонтов / А. Н. Фаре, Н. М. Яркова, И. Н. Ельцов // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. – 2013. – № 2.
9. Салтымаков, Е. А. Применение электротомографии для оценки условий залегания угольных пластов на разрезах Кузбасса / Е. А. Салтымаков, В. Ю. Киселев, О. В. Тайлаков // Мат-лы V Инновационного конвента «Кузбасс: образование, наука, инновации» (Кемерово, 15 октября 2015 г.). – Кемерово, 2015. – С. 20–22.
10. Тайлаков О.В., Соколов С.В., Застрелов Д.Н., Ярош А.С. Обеспечение безопасности угледобычи на основе данных наземной сейсморазведки методом общей глубинной точки // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2015. – №4. – С. 34 – 37.

REGISTRATION OF SURFACE SEISMIC VIBRAAQUIFERS DEPTH DETECTION BY ELECTRON TOMOGRAPHY METHOD IN KUZBASS CONDITIONS

Tailakov O. V., Zastrelov D. N., Saltymakov Ye. A., Makeev M. P., Sokolov S. V., Yarosh A. S.

Electron tomography usage in order to detect the watered sections boarder lines of coal and rock massif is reviewed, open pit mine hydro-geological conditions field tests results are described. They are made on the basis of electric survey methods which are used to develop the complex measures for safe mining work provision. Geological and electron tomography obtained data comparative analysis results of a mine claim section containing wet and water caring levels are presented.

Key words: ELECTRIC SURVEY, ELECTRON TOMOGRAPHY, GEO-ELECTRICAL SECTION, AQUIFER, WATER STOPPING LEVEL, INVERSION

Тайлаков Олег Владимирович
e-mail: tov@kuzstu.ru

Застрелов Денис Николаевич
e-mail: zastrelov@uglemetan.ru

Салтымаков Евгений Алексеевич
e-mail: saltymakov@uglemetan.ru

Макеев Максим Павлович
e-mail: makeevmp@icc.kemsc.ru

Соколов Сергей Владиславович
e-mail: sokolov@uglemetan.ru

Ярош Алексей Сергеевич
e-mail: rosniigdbuh@mail.ru



ПКА-01

ПРИБОР КОНТРОЛЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА