

УДК 550.837.31

## ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ЗАЛЕГАНИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ В УСЛОВИЯХ КУЗБАССА

Салтымаков Е.А., старший инженер

Лаборатории ресурсов и технологий извлечения угольного метана

Института угля ФИЦ УУХ СО РАН

Научный руководитель: Тайлаков О.В., д.т.н., проф.

г. Кемерово

Для изучения горно- и гидрогеологических условий угольных месторождений расширяющееся применение находят методы электротомографии, которые позволяют картировать массив горных пород на относительно небольших глубинах с высокой плотностью геофизических наблюдений перераспределения удельного электрического сопротивления (УЭС) и вызванной поляризации (ВП). Этот подход позволяет выделить элементы массива и оценить их физико-механическое состояние на основе изучения электрических свойств горных пород [1].

Существенное значение для обеспечения достоверной оценки состояния углепородного массива методом электротомографии имеет выбор способа расстановки электродов на геофизическом профиле. Для условий Кузбасс установлено, что при фиксированной длине профиля наиболее перспективно применение электроразведочной установки Шлюмберже. Подбор параметров оборудования осуществляется непосредственно на этапе полевых исследований в предварительном тестовом режиме.

Глубина точки записи в однородной среде определяется по формуле [2, 3]

$$Z = \sqrt{\left( \frac{1}{\sqrt[3]{j_{отн}^2}} - 1 \right) r^2},$$

где  $Z$  – глубинность;  $j_{отн}$  – относительная плотность тока;  $r$  – разнос между питающими электродами.

Для определения эффективной глубины принято фиксировать точку максимального градиента функции  $j_{отн}$  от глубины  $Z$

$$\left| \frac{\partial j_{отн}}{\partial Z} \right| = \frac{3Z}{r^2} \left( 1 + \frac{Z^2}{r^2} \right)^{-5/2}.$$

При этом на графике зависимости производной относительной плотности тока от глубины (рис. 1) экстремум соответствует максимальному изменению относительной плотности тока с глубиной при фиксированной величине разноса установки, т.е. таким образом можно установить глубину изучения разреза (табл. 1).

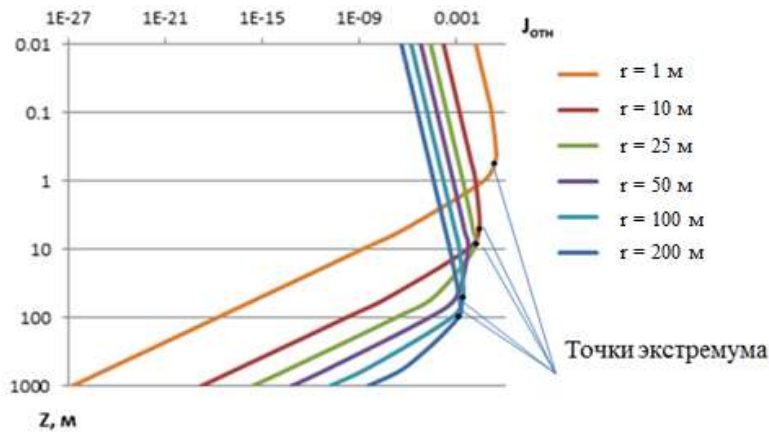


Рис. 1. Зависимость относительной плотности тока  $j_{отн}$  от глубины  $Z$  при изменении половины разноса установки  $r$  в логарифмическом масштабе

Таблица 1. Глубинность установки Шлюмберже

$r, м$	$Z, м$
1	0,5
10	5,0
25	12,5
50	25,0
100	50,0
200	100,0

Для уточнения гипсометрии угольных пластов на межскважинных интервалах проведены исследования по заданиям угледобывающих предприятий. Инициация и регистрация электрического сигнала осуществлялась при помощи многоэлектродной электроразведочной станции Скала-48 [4-6]. Исследования проводились с шагом 5 м между датчиками, эффективная глубина исследований – до 45 м.

В рамках выполненного исследования на угольном разрезе «А» обнаружена граница порода-уголь с учетом того, что при относительно низкой проводимости угольного пласта его кровля соответствует максимальному градиенту удельного электрического сопротивления (рис. 2) [7]. При этом также зарегистрировано геологическое нарушение с амплитудой 2 м и выделены аномальные зоны, возможно, несвязанные со средой (рис. 2, а, б). Геологическое нарушение на геоэлектрическом разрезе, как правило, характеризуется относительно низким удельным электрическим сопро-

тивлением (0-30 Ом·м). Это связано с повышенной трещиноватостью области нарушения. На угольном разрезе «Б» (рис. 2, в) выполнены измерения, позволившие установить уровень подземных вод. Полученные результаты подтверждаются удовлетворительной сходимостью с результатами, полученными при выполнении буровых и вскрышных работ.

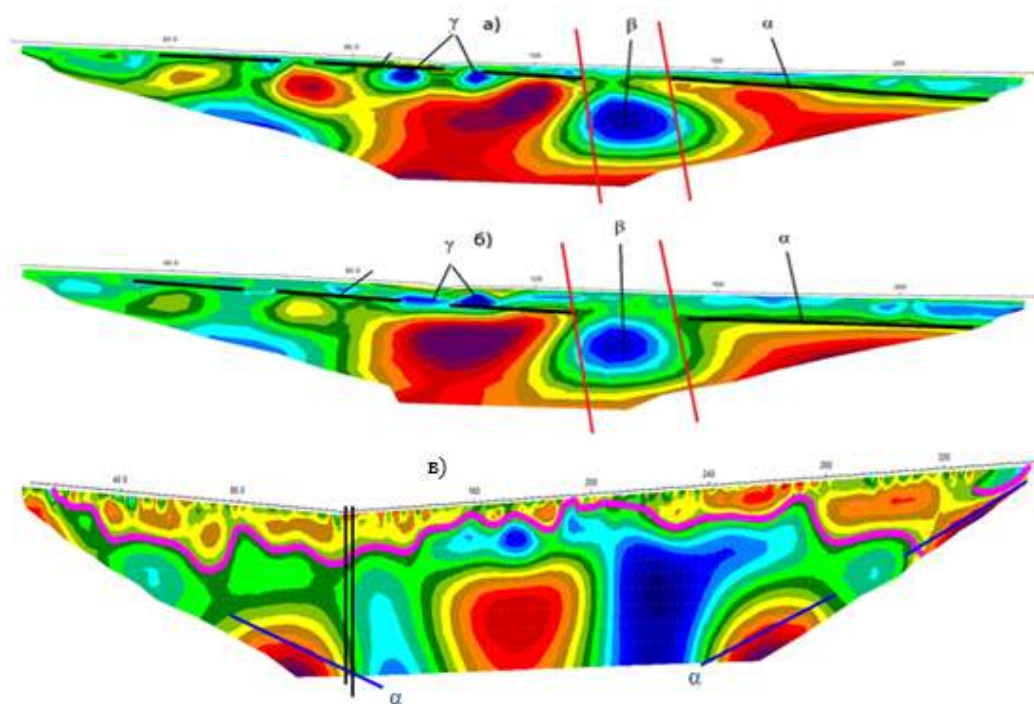


Рисунок 2. Геоэлектрические разрезы:

а) мощность электрогенератора 10%, угольный разрез «А»; б) мощность электрогенератора 60%, угольный разрез «А»; в) мощность электрогенератора 15%, угольный разрез «Б»;

$\alpha$  – кровля угольного пласта;  $\beta$  – геологическое нарушение;  
 $\gamma$  – аномальные зоны.

На угольном разрезе «В» для оценки гидрогеологических условий проведены исследования с целью контроля устойчивости бортов в условиях интенсивного водопритока [8]. 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 [1].

Для определения гидрогеологических условий выполнен комплекс полевых электроразведочных исследований методом электротомографии по

двум профилям, размещенным вдоль борта угольного разреза. В соответствии с поставленной задачей исследования выбраны параметры измерений:

- количество датчиков 48;
- интервал между датчиками – 2 и 5 м;
- мощность генератора 30 %.
- глубина исследований 18 и 45 м

На одном из участков (рис. 3) 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 зарегистрирована граница кровли угольного пласта вдоль градиента удельных сопротивлений (30-200 Ом·м), которая соответствует кровле по данным геологоразведки.

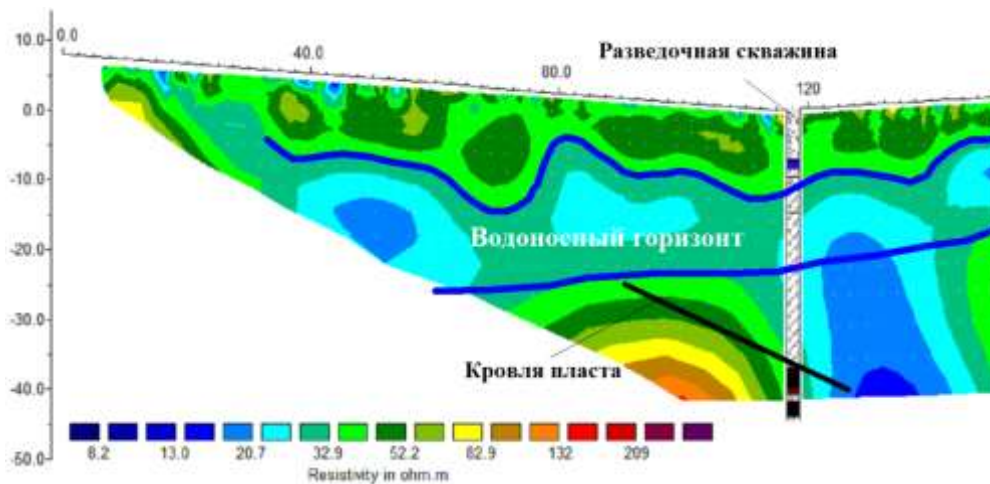


Рис. 3. Геоэлектрический разрез  
(результаты исследований на угольном разрезе «В»)

На горном отводе одной из шахт проведены исследования с целью определения гидрогеологической связи между естественным и искусственным водоемами. Эффективная глубина исследований составила 45 м. В результате исследований прямой гидрогеологической связи на исследуемых профилях установлено не было (рис. 4).

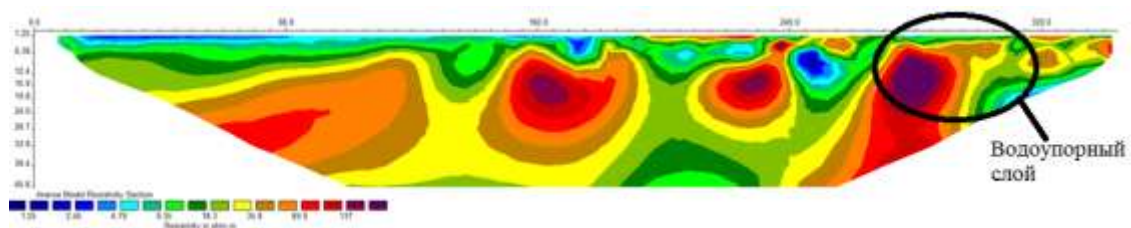


Рис. 4. Геоэлектрический разрез  
(результаты исследований на горный отвод шахты)

Таким образом, установлено, что эффективная глубина исследований в условиях Кузбасса для получения результатов с высоким разрешением составляет 2-90 м. В зависимости от задачи исследований, в частности регистрации геологических нарушений с амплитудой более 15 м, картирование обводненных участков с мощностью более 10 м, эффективная глубина исследований может быть увеличена. Кровля угольного пласта на геоэлектрическом разрезе, как правило, характеризуется линией градиента удельного электрического сопротивления. Геологические нарушения характеризуются относительно низким значением удельного электрического сопротивления – 0-30 Ом·м. Подбор параметров электрического сигнала наиболее целесообразно осуществлять в полевых условиях.

### Список литературы

1. Тайлаков О.В., Салтымаков Е.А., Застрелов Д.Н., Соколов С.В., Макеев М.П., Ярош А.С. Определение глубин залегания водоносных горизонтов методом электротомографии в условиях Кузбасса // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности, Кемерово, 2016. – №1. – С. 30 – 34.

2. Колесников В.П. Основы интерпретации электрических зондирований. – М: Научный мир, 2007.- 248 с.

3. Салтымаков Е.А. Применение электрической разведки для мониторинга массива и оценки качества охраняемых гидросооружений на ликвидированных шахтах Кузбасса / Е.А. Салтымаков, С.В. Соколов, О.В. Тайлаков // И 66 Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации»: материалы Инновационного конвента. – 2014. – С. 43 –46.

4. Булгаков А.Ю. Манштейн А.К. Геофизический прибор для автоматизации многоэлектродной электроразведки // Приборы и техника эксперимента. 2006. № 4. С. 123–125.

5. Loke M.H. Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys // 2009, 144 p.

6. Фаге А. Н. Применение электротомографии для разведки угольных пластов и контролирующих их водоносных горизонтов / А. Н. Фаге, Н. М. Яркова, И.Н. Ельцов // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. 2013. №2.

7. Салтымаков Е.А. Выбор эффективной глубины зондирования для уточнения параметров породного массива методом электротомографии / Е.А. Салтымаков // Ежегодная молодежная конференция ИУ СО РАН – 2015 [Электронный ресурс]: сб. тр. конференции, Кемерово, 16-17 апреля 2015 г. – 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. 79-88.

8. Салтымаков Е.А. Применение электротомографии для оценки условий залегания угольных пластов на разрезах Кузбасса / Е.А. Салтымаков,

В.Ю. Киселев, О.В. Тайлаков // И 66 Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации»: материалы Инновационного конвента. – 15.10.2015. – С. 20–22.