

УДК 550.837.3

Н.А. Смирнов, к.т.н., научный сотрудник, М.А. Кузнецов, зав. сектором геомеханических исследований, В.А. Рожнов, зав. сектором экспертизы ГТС, С.В. Манакова, ведущий инженер-маркшейдер (Новационная фирма "КУЗБАСС-НИИОГР", г. Кемерово)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ОСНОВАНИЯ ОТВАЛОВ

Отвалообразование является неотъемлемой частью открытой геотехнологии. Параметры отвала необходимо определять таким образом, чтобы обеспечить его долговременную устойчивость при максимальной общей вместимости на выделенной площади. Нарушение устойчивости отвалов в ряде случаев может привести к значительным разрушениям сооружений и коммуникаций, а также к нарушению режима работы горного предприятия.

Устойчивость отвалов определяется рядом факторов, основными из которых являются прочностные параметры отвальных масс и пород основания [1]. Оценка устойчивости отвалов осуществляется путем сравнения удерживающих и сдвигающих сил по наиболее слабой поверхности скольжения. При наличии слабого слоя значительной мощности в основании отвала поверхность скольжения, проходящая по слабому слою, значительно искривляется, что необходимо учитывать при расчете. При этом основными факторами, определяющими устойчивость отвала в этом случае, являются мощность слабого слоя и свойства пород основания.

В Кузбассе весьма распространены рыхлые песчано-глинистые отложения, в отдельных районах их мощность превышает 50 м. При водонасыщении песчано-глинистые породы снижают прочностные свойства [2], что может привести к нарушению устойчивости отвалов, расположенных на таких породах. Таким образом, обеспечение долговременной устойчивости внешних отвалов на разрезах Кузбасса предопределяет необходимость детального изучения геологического строения их основания, которое во многих случаях сложено слабыми песчано-глинистыми породами.

Основным способом изучения массивов песчано-глинистых пород является бурение скважин с последующим лабораторным исследованием образцов. Однако бурение скважин с необходимой густотой зачастую требует значительных финансовых затрат. Для определения оптимальных мест для бурения скважин, снижения затрат на изыскания, а также контроля изменения состояния массива с течением времени целесообразно использовать геофизические методы, позволяющие максимально оперативно и достаточно детально исследовать массивы горных пород [3]. При этом

основным геофизическим методом для исследования рыхлых песчано-глинистых отложений является метод сопротивлений [4].

Современной модификацией метода сопротивлений является электрическая томография (электротомография) [4, 5]. Измерения, выполненные методом электротомографии, интерпретируют в рамках двумерных моделей, что позволяет более детально исследовать массивы горных пород, характеризующиеся латеральными (горизонтальными) неоднородностями.

Основными задачами, возникающими при изучении геологического строения основания отвалов, являются установление мощности слабого слоя и определение местоположения наиболее водонасыщенных участков основания. Основные предпосылки применения метода электротомографии для решения указанных задач состоят в следующем:

- УЭС коренных пород отличается от УЭС песчано-глинистых отложений, благодаря чему на геоэлектрическом разрезе возможно выделить границу между слоями;
- увеличение влажности глинистых пород приводит к уменьшению их электросопротивления, так как УЭС песчано-глинистых горных пород определяется, в основном, пористостью и водонасыщенностью.

Рассмотрим пример применения метода электротомографии для изучения основания отвала на разрезе Кузбасса. Для выполнения полевых работ использована многоэлектродная 16-ти канальная электроразведочная аппаратура «Скала-64» (ИНГГ СО РАН), реализующая метод электротомографии.

Геофизический профиль пройден у основания отвала, длина профиля составила 400 м. Геоэлектрический разрез, полученный в результате интерпретации измеренных данных, представлен на рис. 1. Геологическое истолкование полученных результатов выполнено с учетом данных геологических изысканий, выполненных на площадке отвалообразования.

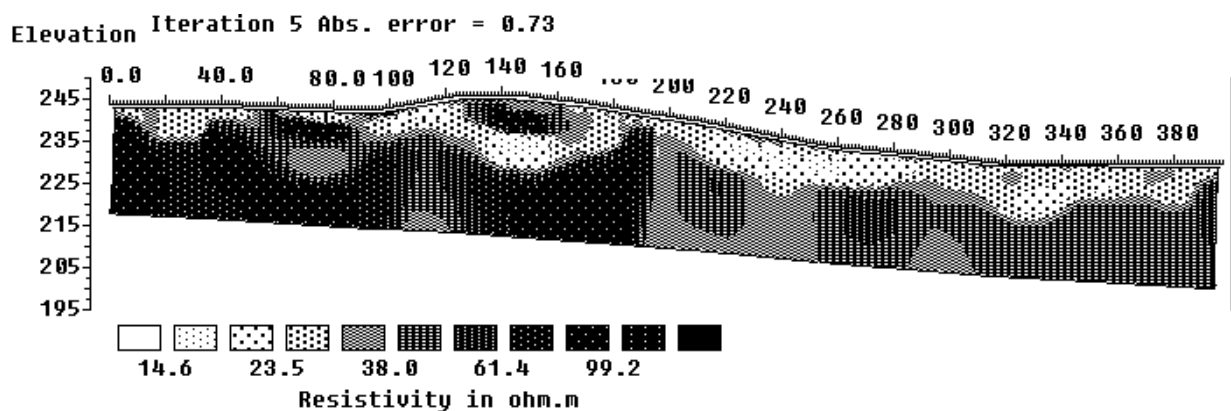


Рис. 1. Геоэлектрический разрез, полученный в результате измерений у основания отвала

Анализ данных инженерно-геологических изысканий позволил выделить следующие особенности рыхлых четвертичных отложений, необходимые для геологической интерпретации геоэлектрического разреза:

- на участке исследования распространены торф и суглинок озерно-болотный, которые характеризуются высокой пористостью и влажностью, малой прочностью и большой сжимаемостью, а также изменчивостью прочностных и деформационных характеристик;
- суглинки аллювиально-делювиальные, повсеместно распространенные на исследуемом участке, при воздействии воды характеризуются изменением консистенции вплоть до текучей, что сопровождается резким снижением прочностных свойств.

В результате анализа геоэлектрического разреза, представленного на рис. 1, установлено следующее.

В верхней части геоэлектрического разреза выделяются горные породы с УЭС 20÷30 Ом·м, соответствующие слою песчано-глинистых отложений.

Мощность слоя изменяется от 2 до 13 м. УЭС коренных пород изменяется от 35 до 110 Ом·м. В левой части разреза на ПК70 и ПК140 выявлены участки пониженного УЭС, расположенные на глубине более 10 м. Эти участки соответствуют, вероятно, зонам повышенной трещиноватости и водонасыщенности коренных пород. Следует отметить, что в середине профиля происходит изменение геоэлектрической структуры разреза: уменьшается УЭС коренных пород, повышается мощность слоя песчано-глинистых отложений. Это изменение может быть связано с распространением озерно-болотного заторфованного суглинка, характеризующегося высокой пористостью и влажностью и способствующего повышенному водонасыщению коренных пород. В правой части профиля, в пределах ПК330-350 зафиксирован участок с наибольшей мощностью песчано-глинистых отложений (до 13 м). В районе ПК205-300 обнаружена зона с наименьшим УЭС и, как следствие, с наибольшей влажностью. Данный участок приурочен к логу.

Таким образом, геофизические исследования основания отвала позволили определить в районе тальвега лога участок с наибольшей мощностью и влажностью слоя песчано-глинистых пород. При выполнении инженерных расчетов и оценок устойчивости отвала на указанном участке рекомендуется принимать мощность слоя четвертичных отложений не меньше 13 м.

Библиографический список

1. Гальперин, А. М. Геомеханика открытых горных работ: учеб. для вузов – М. : МГГУ, 2003. – 473 с.

2. Попов, В. Н. Управление устойчивостью карьерных откосов: учеб. для вузов / В. Н. Попов, П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков – М. : МГГУ, «Горная книга», 2008. – 683 с.
3. Огильви, А. А. Основы инженерной геофизики: учеб. для вузов / Под редакцией В. А. Богословского. – М.: Недра, 1990. – 501 с.
4. Свод правил 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть 6. Правила производства геофизических исследований. – Введ. 2004–07–01. – М.: ФГУП «ПНИИИС», 2004. – 53 с.
5. Бобачев, А. А. Электротомография методом сопротивлений и вызванной поляризации / А. А. Бобачев, А. А. Горбунов, И. Н. Модин, В. А. Шевнин // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2006. – № 2. – С. 14–17.