

УДК 550.83

**КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПОРОДНОГО ОТВАЛА № 1 «ДТЭК ШАХТА
ТЕРНОВСКАЯ»**

Богак М. Ю., Киселев Н. Н., Юфа Я. М., Ялпуга Е. А.
(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Наведено результати практичного застосування кореляційного методу заломлених хвиль та вертикальних електричних зондувань для вивчення стану породного відвалу та масиву порід в його основі.

The outcomes of the actual use of correlation refraction seismic and vertical electric sounding for the survey of waste-rock pile conditions are described.

При оценке экономической целесообразности разработки породных отвалов угольных шахт, как вторичных техногенных сырьевых ресурсов, наряду с определением объема, геохимическим опробованием и др., важной задачей является изучения инженерно-геологических условий объекта с точки зрения их возможного отрицательного влияния на качество сырья и технологию разработки в целом.

Породный отвал № 1 «ДТЭК ШАХТА ТЕРНОВСКАЯ» образован путем отсыпки горной массы в балку, имеет практически плоскую поверхность и сложную конфигурацию низового откоса (рис. 1).

В составе работ по изучению породного отвала для экспрессной оценки инженерно-геологических условий были проведены геофизические исследования комплексом сейсморазведочных и электроразведочных методов.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями доказано, что водно-физические свойства геологической среды

более тесно связаны с электрическими параметрами, а физико-механические – с параметрами распространения упругих волн в изучаемой среде [1, 2].

Для изучения состояния породного отвала и подстилающего массива в его основании из сейсморазведочных методов применен корреляционный метод преломленных волн (КМПВ), из электроразведочных – метод вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ). Схема профилей геофизических наблюдений показана на рисунке 1.

Наблюдения КМПВ выполнялись по методике непрерывного продольного профилирования по схеме Z-Z (регистрация продольных волн) по встречной 2,5-кратной системе наблюдений с интервалом пунктов возбуждения колебаний 55–60 м. В качестве регистрирующей аппаратуры использовалась 24-х канальная накапливающая сеймостанция «Лакколит 24-М». Шаг пунктов приема колебаний составлял 5 м, максимальное удаление пункт возбуждения (ПВ) - пункт приема (ПП) – 230 м.

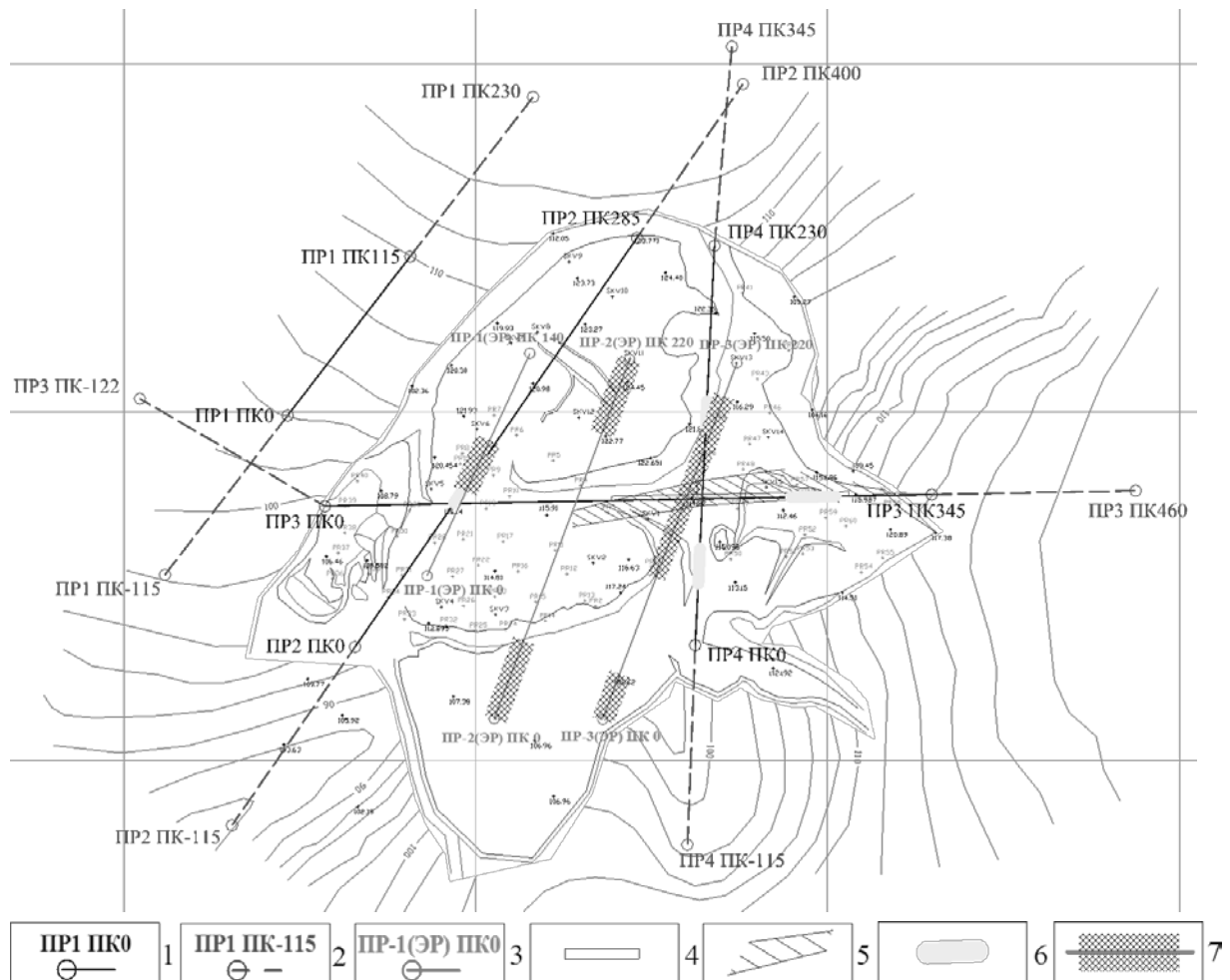
Характер распределения скоростей продольных волн в породном массиве можно оценить на примере интерпретационного сейсмогеологического разреза по профилю 3 (рис. 2).

Результаты интерпретации данных сейсморазведки КМПВ позволяют сделать следующие выводы.

В массиве насыпных пород скорости продольных волн нарастают с глубиной в результате увеличения плотности и влажности грунтов. Вблизи поверхности породного отвала скорости продольных волн изменяются в пределах 210–470 м/с. На глубине от 0,4 м до 3,0 м на разных участках V_p увеличиваются до значений 410–570 м/с. На глубине от 1,5 м до 4,6 м значения V_p возрастают до 510–660 м/с. На глубине от 3,3 м до 21,3 м значения V_p возрастают до 590–860 м/с. Увеличение скоростей продольных волн до величин порядка 600–750 м/с, вероятно, соответствует поверхности капиллярной каймы, как в насыпных породах, так и за пределами породного отвала. На всем протяжении профиля 4 уровень капиллярной каймы практически совпадает с подошвой массива насыпных грунтов.

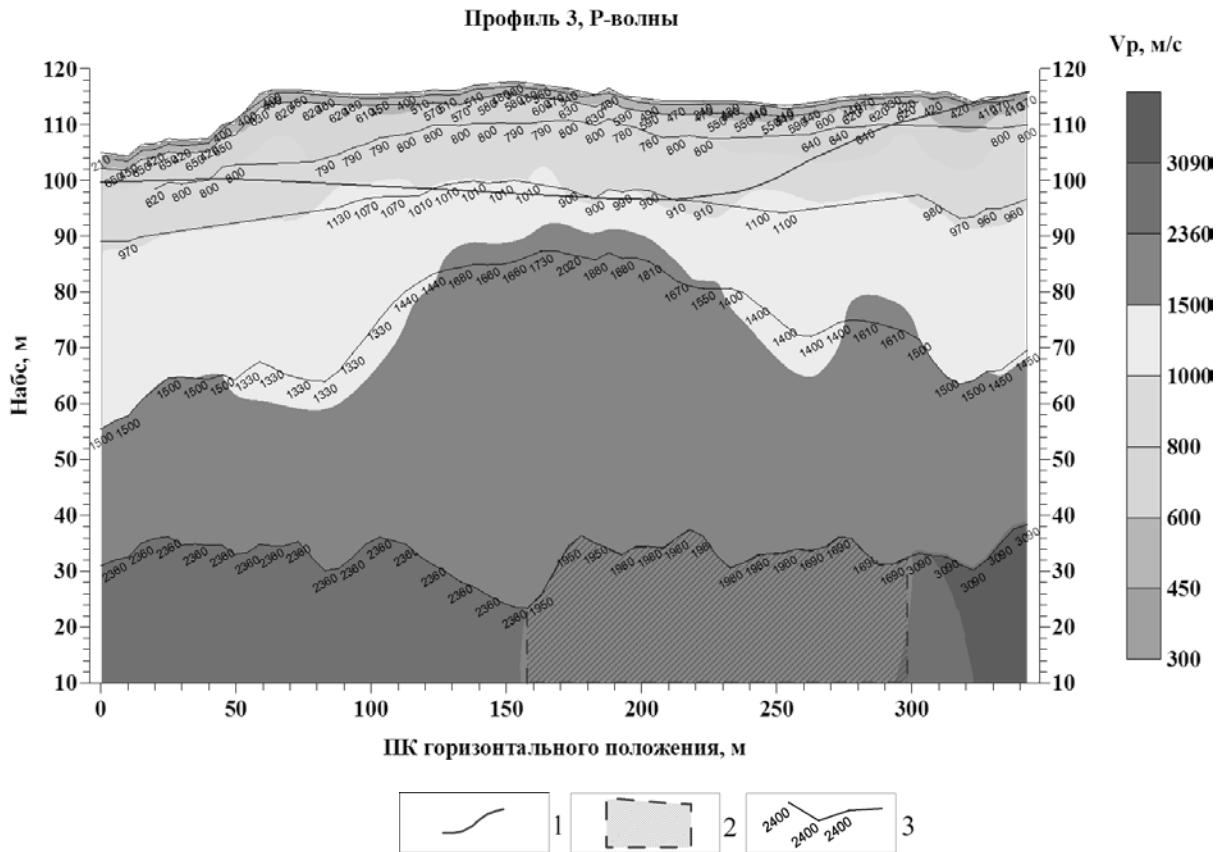
Следует отметить, что поверхность капиллярной каймы непостоянна и может изменяться в пределах первых метров в зави-

симости от количества атмосферных осадков. На контрольном профиле 1 уровень капиллярной каймы, характеризующийся граничной скоростью 710–730 м/с, находится в четвертичных суглинках на глубине 7,0–9,7 м (абсолютные отметки 94,3–101,6 м).



1 – профили КМПВ; 2 – выносы ПВ; 3 – профили ВЭЗ; 4 – участки пониженной граничной скорости в песчаниках; 5 – область предполагаемого тектонического нарушения; 6 – область разуплотнения в нижней части породного массива; 7 – область пониженной влажности в нижней части породного массива.

Рис. 1. План породного отвала № 1 «ДТЭК ШАХТА ТЕРНОВСКАЯ» с результатами геофизических работ



1 – уровень основания массива насыпных грунтов; 2 – зона тектонического нарушения; 3 – преломляющие границы и значения граничной скорости.

Рис. 2. Глубинный разрез по результатам обработки данных КМПВ на продольных волнах по профилю 3

Деление толщи насыпных грунтов, слагающих породный отвал, на слои до некоторой степени условно, так как увеличение скоростей упругих волн с глубиной в таких средах имеет градиентный характер. Тем не менее, при тщательном изучении волновой картины, можно выделить параллельные участки нагоняющих и нагоняемых годографов, которые позволяют разделить массив на относительно однородные (в плане распределения скоростей продольных волн) слои. В рамках применяемой методики полевых наблюдений такой подход к интерпретации данных КМПВ позволяет более детально рассмотреть изменение скоростных характеристик разреза по латерали и выделить аномальные участки внутри отвала.

В теле породного отвала наблюдается уменьшение значений V_p вблизи поверхности капиллярной каймы на участке профиля 2 ПК100–ПК130, на участке профиля 3 ПК265–ПК290, на участках профиля 4 ПК20–ПК40 и ПК125–ПК140. Характерно, что такого рода аномалии V_p хорошо коррелируются с участками повышенной влажности в нижней части породного отвала, выделенными по результатам интерпретации данных электроразведки методом ВЭЗ. Это может быть связано с разуплотнением породного массива, вызванным происходящими внутри него геохимическими процессами, в частности, выгоранием частиц угля, и, как следствие, повышением коэффициента фильтрации.

За пределами породного отвала уровень грунтовых вод (УГВ) практически совпадает с кровлей слоя кварцевых песков сарматского яруса неогена, или находится на 1–2 м выше ее. Внутри контура породного отвала УГВ находится ниже подошвы насыпных пород, за исключением участка профиля 3 ПК125–ПК220 (на дне засыпанной балки), где сарматские пески, по-видимому, обнажаются на дне балки, и верхняя граница слоя обводненных песков совпадает с подошвой породного отвала. Скорости V_p в слое изменяются в пределах 770–1220 м/с. В границах отвала глубина залегания УГВ изменяется в пределах 10,3–29,0 м (абсолютные отметки 89,1–107,7 м). На контрольном профиле 1 глубина залегания УГВ составляет 26,9–28,7 м (абсолютные отметки 75,4–81,6 м).

Под сарматскими песками залегает слой обводненных глинистых песков киево-харьковской свиты палеогена. Скорости V_p в слое изменяются в пределах 930–2020 м/с. Участки повышения скорости до величин 1750–2020 м/с связаны, вероятно, с увеличением количества глинистых частиц. Глубина залегания кровли слоя изменяется в пределах 21,6–51,9 м (абсолютные отметки 55,5–96,5 м). На контрольном профиле 1 глубина залегания кровли слоя составляет 40,4–44,4 м (абсолютные отметки 61,8–68,6 м). Участок профиля 4 ПК70–ПК85, где граничная скорость падает до значений 920 м/с, по-видимому, соответствует области повышенного коэффициента фильтрации над тектоническим нарушением.

Последний из выделенных по данным КМПВ слоев сложен, предположительно, песчаниками киево-харьковской свиты палеогена. Скорости V_p в слое изменяются в пределах 1660–3060 м/с. Поверхность слоя залегает на глубине 60,8–94,1 м (абсолютные отметки 26,2–56,5 м). На контрольном профиле 1 глубина залегания кровли слоя составляет 73,9–79,1 м (абсолютные отметки 28,8–33,6 м).

На профиле 2 (ПК0–ПК55), профиле 3 (ПК165–ПК300) и профиле 4 (ПК80–ПК95) выделены участки пониженной граничной скорости, которые наиболее вероятно соответствуют зоне тектонического нарушения по поверхности слабо-сцементированных песчаников киево-харьковской свиты палеогена (см. рис. 1).

Таким образом, по результатам сейсморазведочных работ выявлены области разуплотнения материала отвала, в основании отвала прослежено выдержанное залегание слоев подстилающего массива. В средней части отвала в субширотном направлении по поверхности слабосцементированных песчаников киево-харьковской свиты палеогена выявлена зона тектонического нарушения.

Электроразведочные работы методом ВЭЗ выполнены на трех профилях, проложенных на поверхности отвала по направлению с юго-запада на северо-восток (см. рис. 1). Наблюдения осуществлялись четырехэлектродной симметричной установкой AMNB по традиционной методике [3] с помощью электроразведочной аппаратуры ERA-MAX.

В результате обработки получены геоэлектрические разрезы эффективных сопротивлений, которые построены с учетом рельефа поверхности. Глубина точек определения электросопротивлений рассчитана по формуле Едвардса [4].

Анализируя результаты электрических зондирований необходимо отметить, что тело отвала сложено неоднородным по электрическим свойствам материалом и распределение электрических сопротивлений, как в разрезе, так и вдоль профилей имеет сложный характер.

В приповерхностной части отвала насыпной материал характеризуется высокими значениями электросопротивлений (до

200 Ом·м), который имеет повсеместное распространение при мощности слоя преимущественно 2–3 м, на ПР-2(ЭР) до 5–6 м. Под этим слоем прослеживается переходной слой от сухих пород к влажным при уменьшении электросопротивлений слоя сверху вниз от 30 до 20 Ом·м. Мощность переходного слоя варьирует в широких пределах – от выклинивания в южной части ПР-2(ЭР) до 7 м в начальной части ПР-1(ЭР).

Практический интерес в отношении цели исследований представляют средняя и нижняя части геоэлектрических разрезов, где наблюдается неравномерная увлажненность насыпного материала отвала и верхней части массива пород в основании отвала. На геоэлектрических разрезах выделены области влажных пород со значениями электросопротивлений 15–20 Ом·м и области пород повышенной влажности со значениями электросопротивлений 10–15 Ом·м.

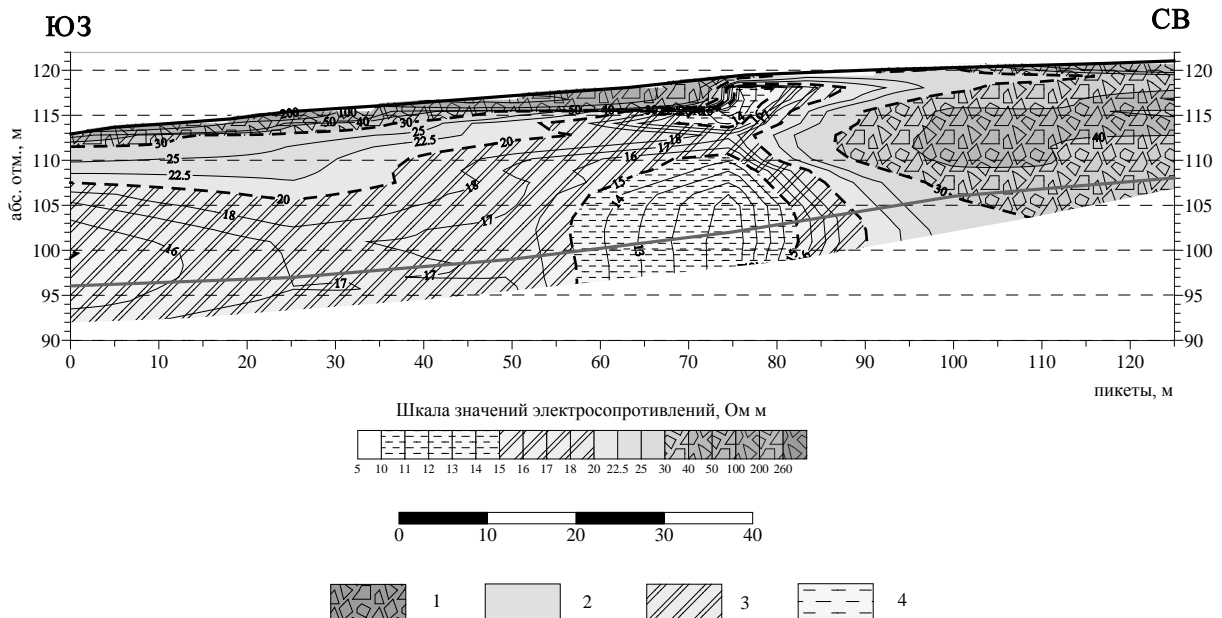
Характер распределения электросопротивлений в теле отвала и в породном массиве его основания можно оценить на примере геоэлектрического разреза по профилю ПР-1(ЭР) (рис. 3).

На ПР-1(ЭР) влажные породы распространены на большей части профиля (интервал пикетов 0–90 м). Абсолютная отметка верхней границы влажных пород на интервале пикетов 0–25 м составляет 107,5–105,5 м; далее по профилю до пикета 60 м верхняя граница влажных пород плавно поднимается до отметки 116 м.

Зона повышенной влажности имеет распространение в теле отвала на интервале пикетов 55–85 м. В средней ее части (пикет 75 м) верхняя граница повышенной влажности фиксируется на отметке 110 м, ширина зоны по профилю составляет 20 м. Ядро области повышенной влажности пород локализуется в подошве отвала, захватывает его нижнюю часть и верхнюю часть подстилающего массива. Можно предположить, что в этой части отвала повышенная влажность насыпного материала обусловлена поступлением материковых подземных вод из западного борта балки на гипсометрическом уровне склона с абсолютными отметками 100–105 м.

Окончание профиля (интервал пикетов 90–125 м) отличается резким повышением электросопротивлений практически по

всему разрезу. По нашему мнению в этой части отвала на глубинах 6–11 м происходят процессы, связанные с тлением углистого вещества, что в свою очередь привело к высушиванию пород.



1 – сухие породы ($\rho > 30 \text{ Ом}\cdot\text{м}$); 2 – переходная область от сухих пород к влажным ($\rho = 20\text{--}30 \text{ Ом}\cdot\text{м}$); 3 – влажные породы ($\rho = 15\text{--}20 \text{ Ом}\cdot\text{м}$); 4 – повышенной влажности породы ($\rho = 10\text{--}15 \text{ Ом}\cdot\text{м}$).

Рис. 3. Геоэлектрический разрез по профилю ПР-1(ЭР)

Таким образом, по результатам электроразведочных работ изучен характер увлажненности материала отвала, выявлены области повышенной влажности пород, обусловленные дренированием «верховодки» по тальвегу балки с нагорной стороны, а также по контуру низового откоса отвала на западном и восточном бортах балки.

Выявленные области разуплотнения и повышенной влажности материала отвала являются потенциально опасными в отношении их обильного обводнения в периоды таяния снегов и затяжных дождей за счет инфильтрации атмосферных осадков, поступления поверхностных вод по тальвегу балки с нагорной стороны, а также «верховодки» из правого и левого бортов балки по подошве отвала. Эти факторы необходимо учесть при составле-

нии проекта разработки породного отвала с точки зрения их возможного отрицательного влияния на качество сырья и технологию разработки.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Огильви А. А. Основы инженерной геофизики / А. А. Огильви. — М. : Недра, 1990. — 468 с.
2. Никитин В. Н. Основы инженерной сейсмологии / В. Н. Никитин. — М. : Изд-во МГУ, 1981. — 76 с.
3. Электроразведка: Справочник геофизика / Под ред. В. К. Хмелевского и В. М. Бондаренко. — М. : Недра, 1989. — 438 с.
4. Edwards L. S. A modified pseudosection for resistivity and IP // Geophysics, 1977. — № 42. — P. 1020—1036.