

М.С. Четверик, д. т. н., проф.,  
О.А. Медведева, к. т. н., с.н.с.,  
Е.В. Бабий, к. т. н., с.н.с.,  
Н.М. Сарвас, инж.  
(ИГТМ)

## **ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД, ПОДВЕРЖЕННОГО ОПОЛЗНЕВЫМ ПРОЦЕССАМ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ**

Взаимосвязь техногенной, нарушенной и естественной геологических сред оказывает влияние на движение поверхностных и подземных вод, что приводит к оползневым процессам. Изложена электрометрическая диагностика массива по установлению оползнеопасных участков на отвалах и карьерах.

## **ELEKTROMETRICHESKAYA DIAGNOSTICS OF ARRAY OF MOUNTAIN BREEDS, SUBJECT TO THE LANDSLIDE PROCESSES AT AN OPENWORK**

Intercommunication technogenic, broken and natural geological environments has influence on motion superficial and underground waters, that results in landslide processes. Elektrometricheskaya diagnostics of array is expounded on establishment of opolzneopasnykh areas on dumps and careers.

При открытой разработке месторождений взаимосвязь нарушенной и естественной геологической среды во многих случаях приводит к оползневым процессам. Это происходит особенно в тех местах, где горные работы пересекают потоки подземных или поверхностных вод. При этом в расчетах устойчивости бортов карьеров и уступов не всегда учитывают эти особенности. В этом случае важным является определение оползнеопасных мест.

В техногенном массиве горных пород происходит движение подземных и поверхностных вод, близкое к существовавшему ранее. В нарушенном массиве эти процессы приводят к негативным явлениям: оползням, заболоченности, провалам. Используют различные методы расчета устойчивости, в которых учитывают свойства пород и параметры отвала или карьера. При этом решают плоскую задачу для одного или нескольких разрезов геологической толщи. Однако, причины, которые приводят к изменению свойств пород и снижению устойчивости откосов отвалов и бортов карьеров не всегда учитывают. Так если до нарушения геологической среды воды подземных водоносных горизонтов разгружались в балки и аллювиальные отложения рек, то в техногенно нарушенном массиве места их выхода на борт карьера или под отвал, как правило, сопровождаются оползнями. Поэтому знание об участках, в которых влажность пород повышена дает возможность принять меры безопасности, разработать технические решения по обеспечению повышения устойчивости уступов карьера или ярусов отвала. Для определения участков с увлажненными породами массива можно использовать электрометрическую диагностику. Рассмотрим ее на примере Северо-Западного отвала Анновского

карьера, а также бортов и уступов Первомайского карьера.

В условиях Северо-Западного отвала главной задачей электрометрической диагностики породного массива, подверженного оползневым процессам являлось определение уровня и распространения подземных вод. Ее проводили на площади между восточным нерабочим ярусом отвала и железнодорожными путями станции «Северная», уложенными вдоль западного борта Анновского карьера.

Для электрометрической диагностики техногенно нарушенного массива использовали метод, методику и электрометрическую установку, разработанные в ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины [1]. Метод основан на том, что электрическое сопротивление минералов, из которых состоит грунт или порода, значительно выше, чем сопротивление насыщающих их вод, т.е. чем менее влажны породы – тем выше сопротивление.

Проведена электрометрическая диагностика породного массива, определена глубина залегания грунтовых вод и выявлены причины развития деформационных процессов.

Северо-западный отвал и северный борт Анновского карьера расположены перпендикулярно трем балкам: северной, центральной и южной (рис. 1).

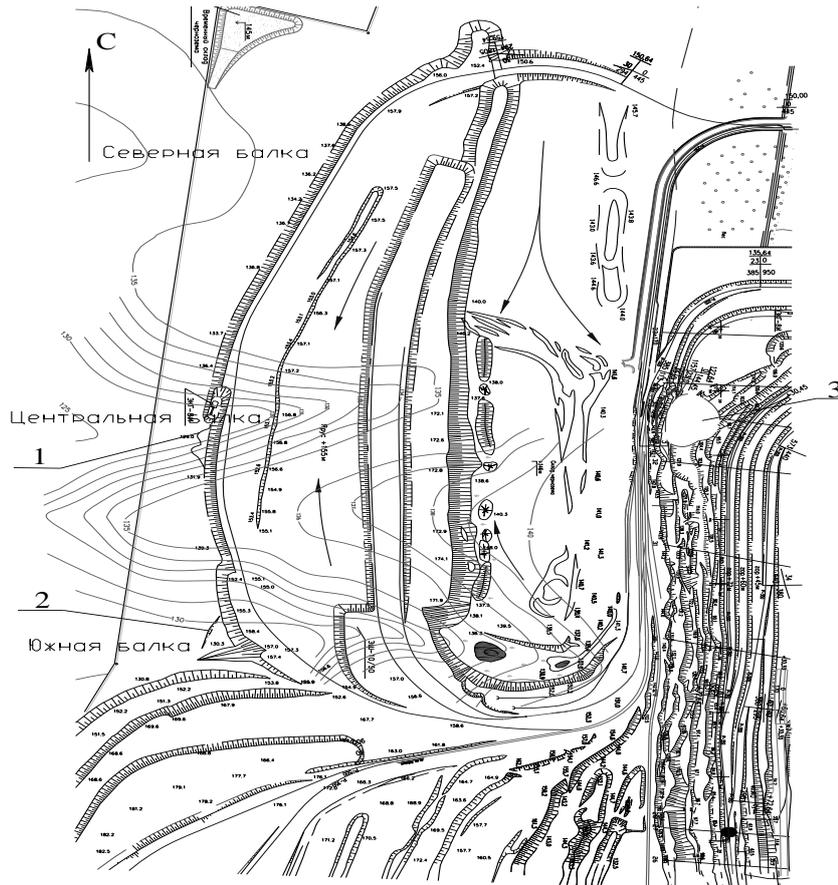


Рис. 1 - Совмещенный план земной поверхности в горизонталях с положением отвала и карьера

Как следует из совмещенного плана оползни нижнего яруса северо-западного отвала (1 и 2) и оползень по западному борту карьера 3 произошли вдоль центральной и южной балок.

Восточный нерабочий борт отвала удален от западного борта карьера на расстояние 400 м, образуя так называемый «карман» (см. рис. 1). Отметки площадки «кармана» на севере составляют 144,6 м, а на юге – 137,5 м, составляя уклон поверхности  $i = 0,004$ .

Для изучения гидрогеологической характеристики основания отвала рассмотрено направление движения поверхностных вод и уровень подземных.

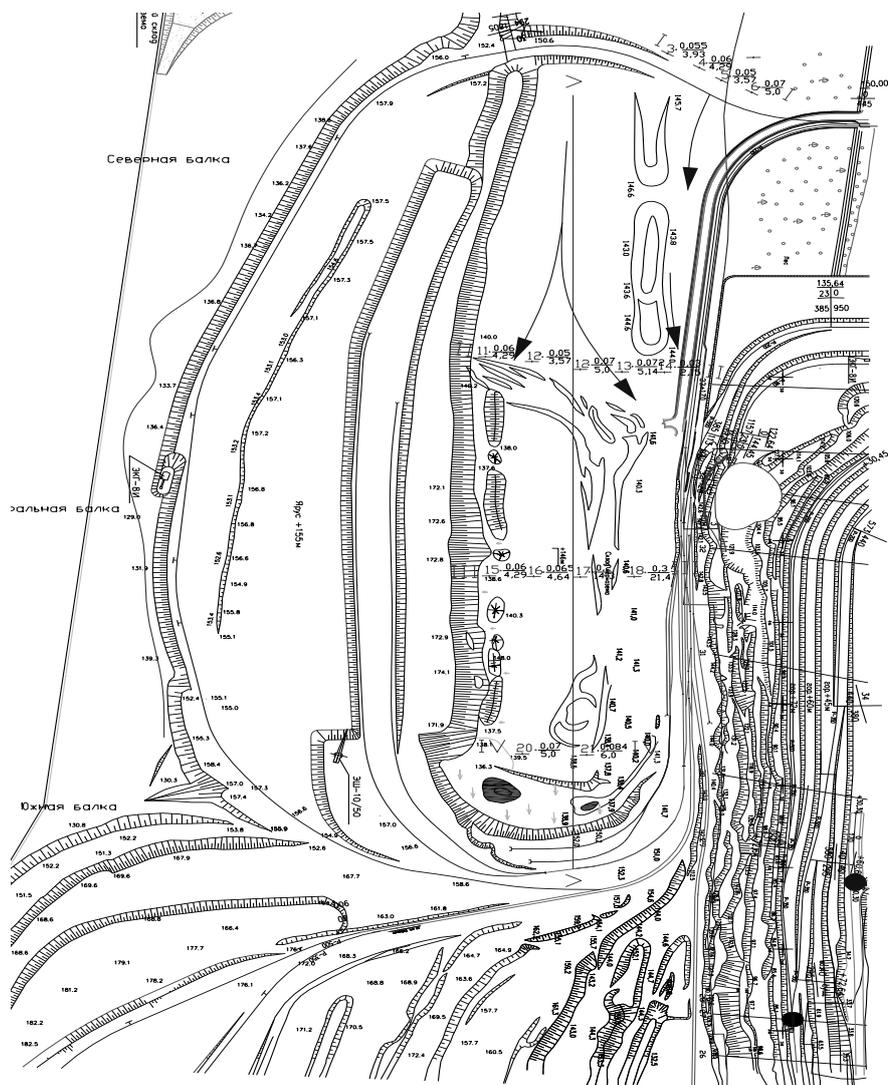
При анализе влияния поверхностных вод на снижение устойчивости откосов отвала и борта карьера, рассмотрены направление движения атмосферных осадков и расположение водоемов. Согласно плана площадки нижнего яруса отвала уклоны поверхности направлены к центральной части. В то же направление происходит движение талых и атмосферных вод, т. е. по откосу к тальвегу центральной балки. Это приводит к размыву нижнего яруса отвала и оползневым процессам.

Высотные отметки рабочей площадки верхнего яруса уменьшаются с юга на север с 172,8 до 168,6 м, что способствует стоку поверхностных вод в том же направлении. В тальвеге центральной балки расположен не пересыхающий болотистый участок.

На оползневые процессы влияет слой лессовидных суглинков. [2] В них хорошо развита вертикальная пористость. Водупором являются красно-бурые глины. Не глубокое их залегание способствует быстрому подъему уровня грунтовых вод. На отдельных участках красно-бурые глины отсутствуют, в результате чего воды водоносных горизонтов трещиноватой зоны кристаллических пород, неогеновых и четвертичных отложений смешиваются. Уровень подземных вод в лессовидных суглинках колеблется в широких пределах и зависит как от климатических, так и техногенных факторов. Средняя абсолютная отметка поверхности вод в лессовидных суглинках составляет 129,0 м.

В результате проведения электрометрических наблюдений был выполнен комплекс работ для определения направления движения и уровня грунтовых вод, залегающих непосредственно в основании отвала (рис. 2).

После обработки данных электрометрических наблюдений была определена прогнозная глубина залегания грунтовых вод исходя из электропроводимости массива, построены профильные разрезы вдоль станций наблюдения и результаты их обработки свидетельствуют о следующем. Грунтовые воды находятся близко к поверхности, и отражают движение поверхностных вод (рис. 3, 4, 5, 6). Они направлены с севера на юг и в соответствии с уклоном горных пород – с востока на запад.



Условные обозначения:

4\*0,06/4,29 - слева – номер точки наблюдений; справа – дробь: числитель – величина электрического сопротивления, Ом; знаменатель – глубина залегания грунтовых вод, м

Рис. 2 – План расположения наблюдательных станций при электрометрической диагностике массива, данные об электрическом сопротивлении пород массива и глубине залегания грунтовых вод

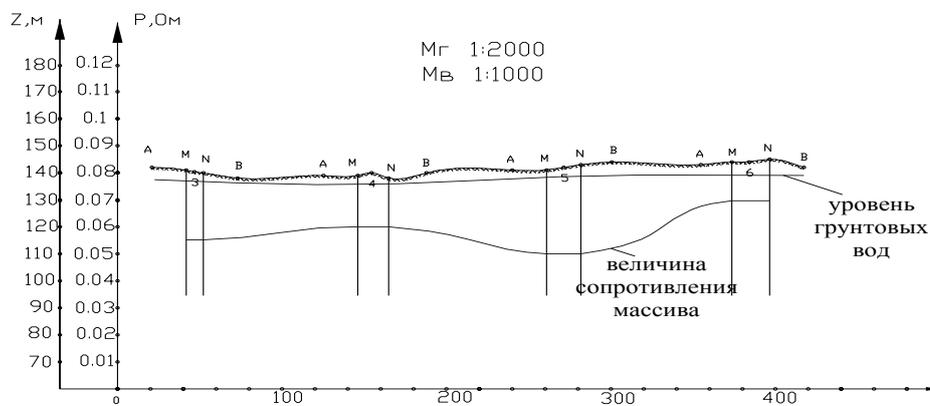


Рис. 3 – Профильный разрез I-I (вдоль ж/д пути)

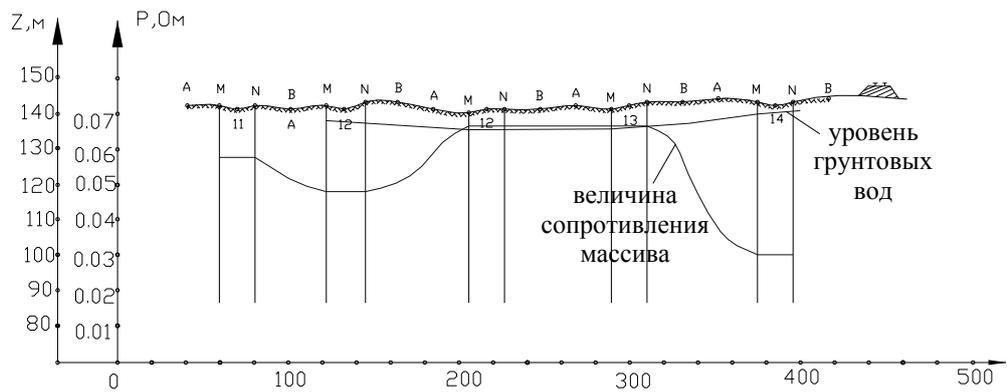


Рис. 4– Профильный разрез II-II

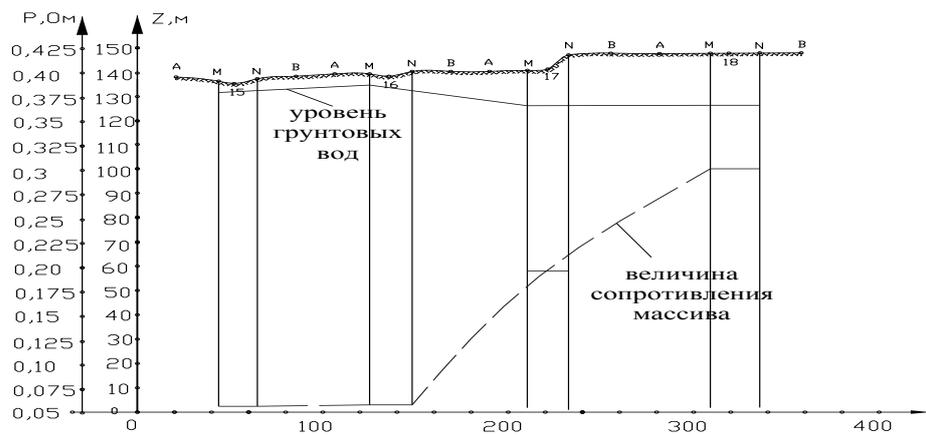


Рис. 5 – Профильный разрез III-III

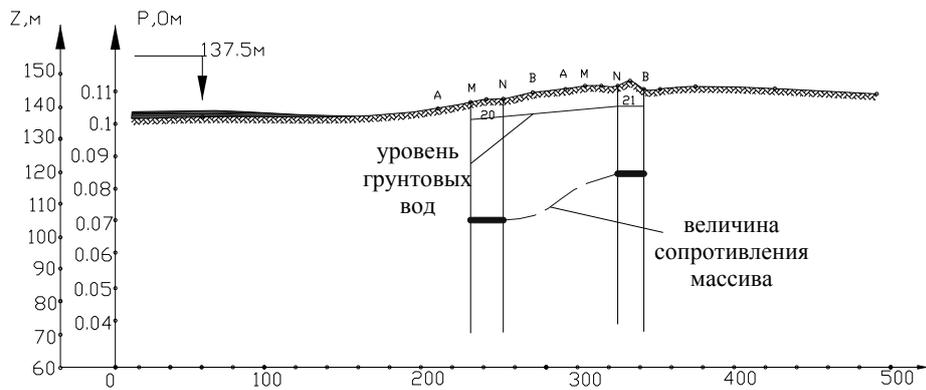


Рис. 6 – Профильный разрез IV-IV

Таким образом, можно сделать выводы, что электрометрическая диагностика техногенно нарушенного массива позволила установить глубину залегания грунтовых вод и направление их движения.

На юго-западном борту Первомайского карьера согласно проекту ООО «Южгипроруда» создается насыпь под конвейер циклично-поточной

технологии для транспортирования скальных пород вскрыши. Часть конвейерного подъемника располагают по борту карьера, который подвержен оползневым процессам. Наиболее опасные участки: насыпь из красно-бурых глин, расположенных на породах естественной геологической среды, и участок борта карьера над узлом перегрузки и станции приводов конвейера.

Четвертичные отложения в данном районе представлены небольшой мощностью. Они состоят из лессовидных суглинков различной степени пористости, пластичности, наличия включений, а также плотных красно-бурых глин. Особо отличаются суглинка слоя 2е - суглинок лессовидный, макропористый, серовато-бурый, пластичный.

В указанных суглинках до создания карьера существовал водоносный горизонт. В нем накапливается осенне-зимняя влага, а также текущие атмосферные осадки, разгрузка которых происходит в карьер и близлежащую речку. Если эта разгрузка не происходит, то подземные воды накапливаются у основания уступов. Это приводит к оползневым процессам.

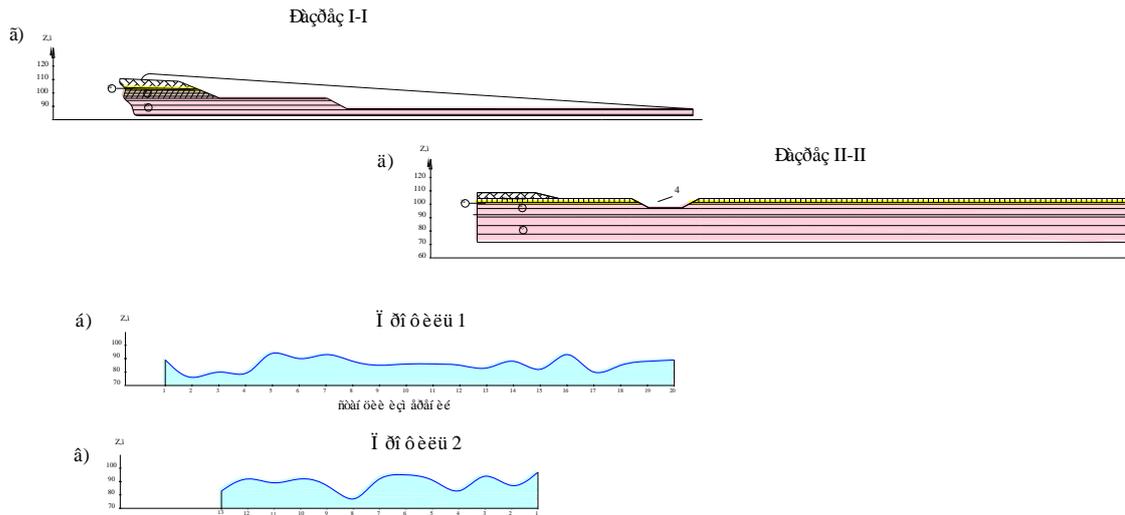
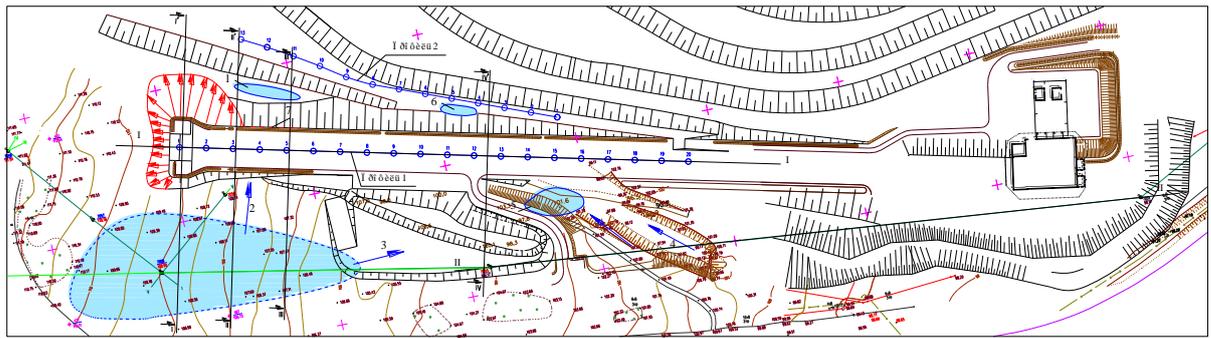
Гидрогеологическими изысканиями установлено, что водоносный горизонт в лессовидных суглинках слоя 2е отсутствует. Однако подземные воды обнаружены единственной скважиной 7058, которая расположена на расстоянии 100м от центра основания насыпи под галерею ленточных конвейеров (рис. 2).

Горными работами лессовидные суглинка слоя 2е в месте расположения насыпи под конвейерный подъемник, в основном, отработаны. Однако, верхняя часть насыпи под конвейер в районе разреза I-I расположена на естественных отложениях, где вскрыты лессовидные суглинка (рис. 2б). Из них и происходила фильтрация подземных вод в водоем 1 (см. рис.2а) до строительства насыпи.

В нижней части насыпи, в районе разреза II-II, лессовидные суглинка слоя 2е вскрыты выемкой 4 (см.рис.2а и рис.2в). В результате фильтрации подземных вод образовались водоемы 5 и 6.

Как уже отмечалось, основной причиной оползневых процессов в районе строительства является фильтрация подземных вод из макропористых высокопластичных лессовидных суглинков слоя 2е. Эта фильтрация может происходить как из локализованных участков подземных вод, так и в результате периодических обильных атмосферных осадков.

Таким образом, подземные воды, выявленные скважиной 7058, фильтровали к основанию уступа, над которым создавалась насыпь, а также ниже, к пересечению трасы насыпи и вскрышного уступа с выходом лессовидных суглинков. В процессе строительства был обнажен слой суглинков 2е, а затем при нагрузке на него пород - произошел оползень.



а) план участка – водоем под оползнем; 2, 3 – направление движения подземных вод; 4 – выемка горных пород с вскрытием лессовидных суглинков; 5, 6 – водоемы; 7 – трещины отрыва. б), в) уровень увлажненности пород соответственно по профилям 1 и 2; г) разрез вдоль насыпи под конвейер I-I; д) разрез по скважинам 7055-7054, II-II

Рис. 2 - Электрометрическая диагностика массива горных пород, подверженных оползневым процессам в районе строительства ЦПТ на Первомайском карьере СевГОКа

Проведенная электрометрическая диагностика массива горных пород позволила решить две задачи:

1. Определить оползне-опасные участки и построить по ним геологические профили для расчета устойчивости сооружения.
2. На оползне-опасных участках принять приближенно влажность пород, которая приводит к ослаблению устойчивости сооружения.

Проведение электрометрической диагностики позволяет устанавливать направление движения подземных вод, изменение влажности пород, и на этой основе разрабатывать мероприятия по обеспечению устойчивости уступов карьеров, ярусов отвалов и других сооружений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методическое пособие по конкретной геофизической диагностике породного массива и подземных геотехнических систем. – Днепропетровск, ИГТМ им. Н.С. Полякова НАНУ, 2004. – 75с.
2. Отчет ГП «Укрчерметгеология» Изучение изменения гидрогеологических условий в районе Криворожского бассейна. Отчет Криворожской геолого-гидрогеологической партии // г. Кривой Рог, 2008.

