

4. Хмелевской, В. К. Основной курс электроразведки. Часть 1. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 300 с.
 5. Огильви, А. А. Основы инженерной геофизики: учеб. для вузов / Под редакцией В. А. Богословского. – М.: Недра, 1990. – 501 с.
 6. Смирнов, Н. А. Геолого-геофизический мониторинг при отработке намывных массивов гидроотвалов / Н. А. Смирнов, С. М. Простов // Вестник КузГТУ. – 2011. – №4. – С. 3–7.

□ Авторы статьи:

Смирнов
 Николай Александрович,
 аспирант КузГТУ.
 Email: SmimovNick@yandex.ru;

Простов
 Сергей Михайлович,
 докт. техн. наук; проф. каф. теоретической и геотехнической механики
 КузГТУ. Тел. 89050757924

УДК 622.271.333: 624.131.32

Н. А. Смирнов, С. М. Простов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВ УСТОЙЧИВОГО ОТКОСА БОРТА УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

Объектом исследований является массив горных пород, прилегающий к западному борту участка открытых горных работ Бачатского угольного разреза. План участка представлен на рис. 1. Участок ограничен бортом разреза 1 и насыпным массивом автоотвала вскрышных горных пород, организованного на месте бывшего Сагарлыкского гидроотвала. Размеры опытного участка составили: длина (вдоль бровки борта) – 2000-2200 м, ширина – 300-500 м. Для исследований намечены два профиля вертикального электрического зондирования (ВЭЗ): x, x_1 . Рельеф поверхности – равнинный, на территории участка находятся высоковольтные и низковольтные ЛЭП с опорами на железобетонных основаниях. По контуру отвала 3 расположен водоотводной канал шириной 1,5-2 м и глубиной 1-2 м.

Целью исследования являлось обоснование расчетных параметров откосов рыхлых отложений

на основе данных геофизических исследований и обратных геомеханических расчетов.

При анализе горно-геологических условий установлено, что геологическая структура исследуемого массива горных весьма неблагоприятна для обеспечения устойчивости борта карьера: на многих поперечных сечениях зафиксировано монотонное увеличение мощности рыхлых глинистых отложений при приближении к борту (рис. 2), при этом падение контакта коренных пород было направлено в сторону массива.

При вскрытии замковой части (зоны максимальных мощностей) глинистых отложений, падение контакта коренных пород изменилось в направлении выработки (борта). Таким образом, была удалена упорная часть верхнего участка борта, что инициировало формирование обрушений глинистых отложений по контакту коренных пород

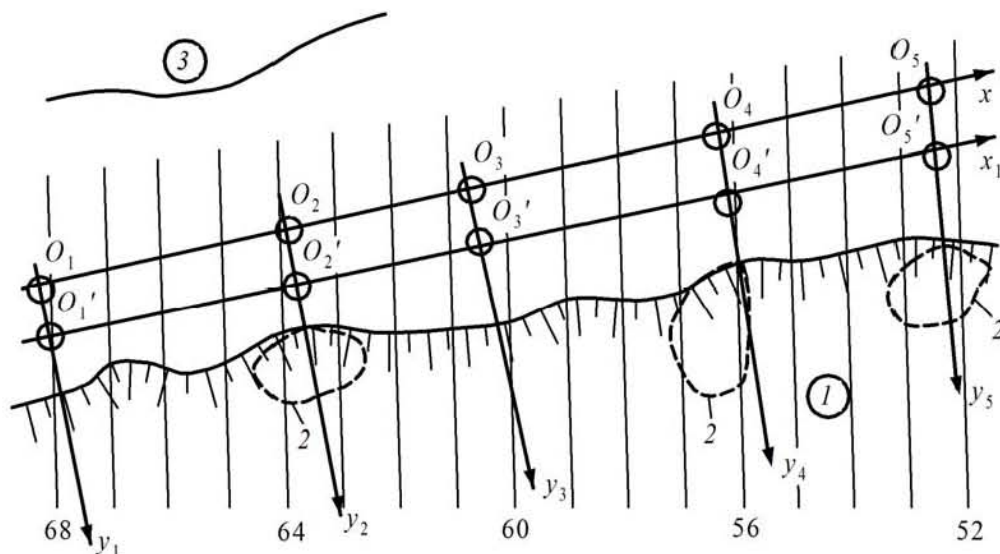


Рис. 1. План исследуемого участка: O – центры установок ВЭЗ; 1 – борт разреза; 2 – оползни; 3 – автоотвал на площади гидроотвала Сагарлыкский; x, x_1 – профили зондирования; 52-68 – разведочные профили

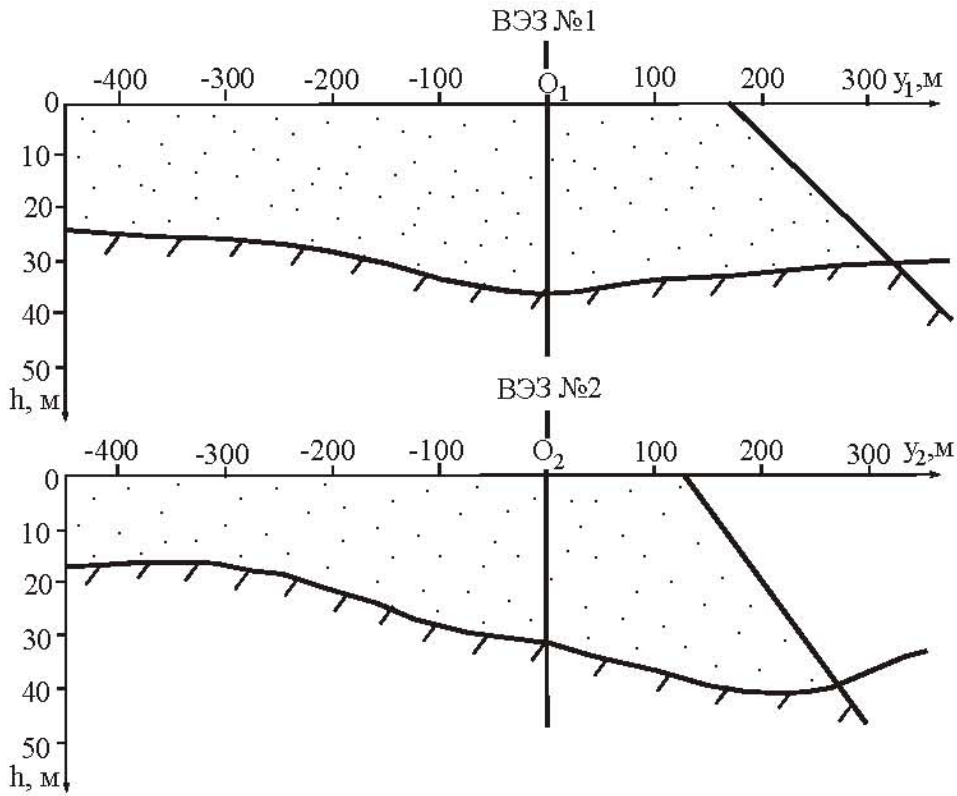


Рис. 2. Изменение мощности слоя глинистых отложений по профилям u_1 и u_2 :
 h – глубина от земной поверхности

. На обнажении оползневого участка борта отдельные водопровявления были зафиксированы на глубине 13-17 м от земной поверхности. Обрушение уступа происходило с оседанием на 3-4 м призмы прибортового массива. При этом в верхней части обрушения участок уступа высотой до 3-6 м имел угол откоса, равный 90° (трещина отрыва), а в нижней части угол откоса выполаживается до $20-30^\circ$. На оползнеопасных участках производилось бульдозерное планирование откоса

уступа до углов $15-20^\circ$, обеспечивающих его стабильное состояние. Расчеты по определению устойчивости выполняются, в основном, по материалам геологических изысканий 1950-70-х годов, поэтому весьма актуальной представляется задача обоснования проектных параметров на основе современных данных.

Прогноз изменения физико-механических свойств ИГЭ методом УЭС реализуется на основе корреляционных зависимостей между влажностью

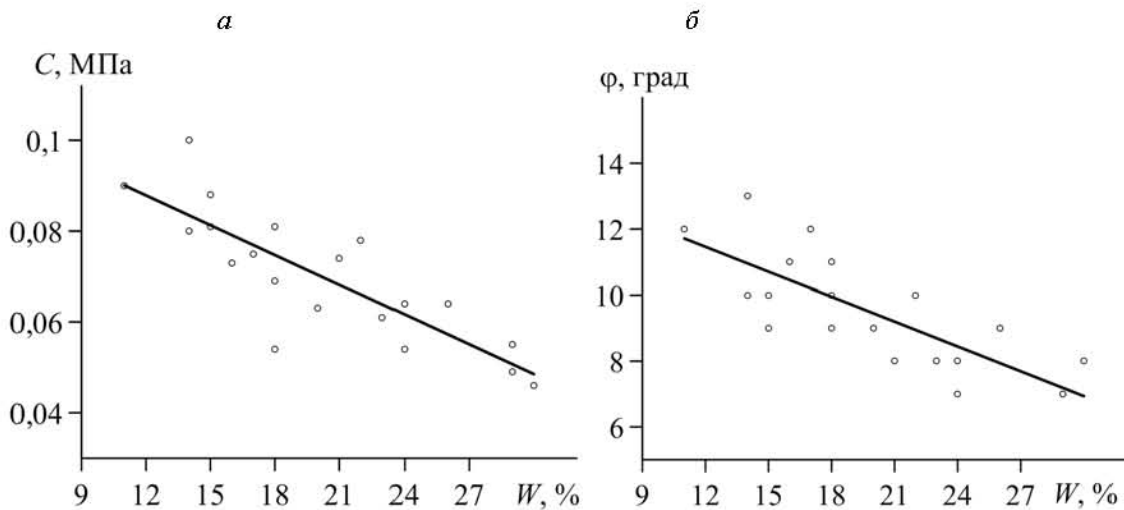


Рис. 3. Результаты лабораторных исследований зависимости сцепления C (а) и угла внутреннего трения φ (б) глинистых пород от влажности W

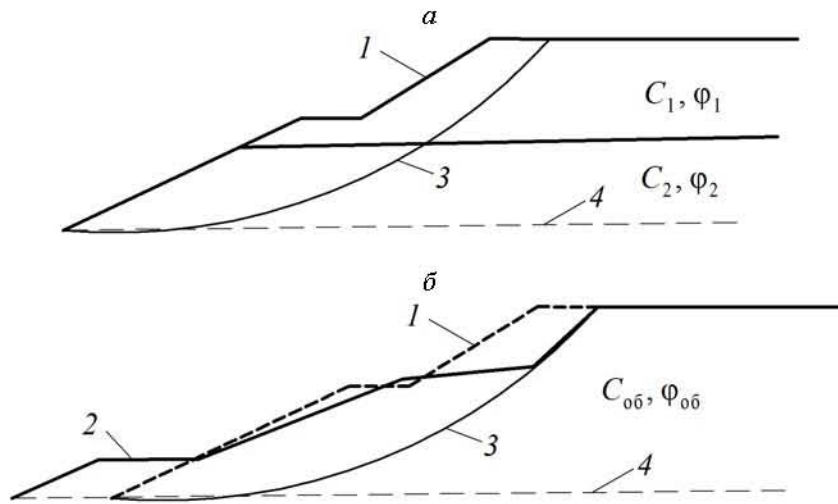


Рис. 4. Схема оползневого участка борта для неоднородного массива (а) и эквивалентного однородного массива (б): 1 – контур борта до оползня; 2 – контур борта после оползня; 3 – поверхность скольжения; 4 – граница коренных пород и рыхлых отложений

и механическими параметрами. Результаты исследований физико-механических свойств глинистых горных пород, представленных разновидностями

глин и суглинков, позволили установить линейные регрессионные зависимости (рис. 3):

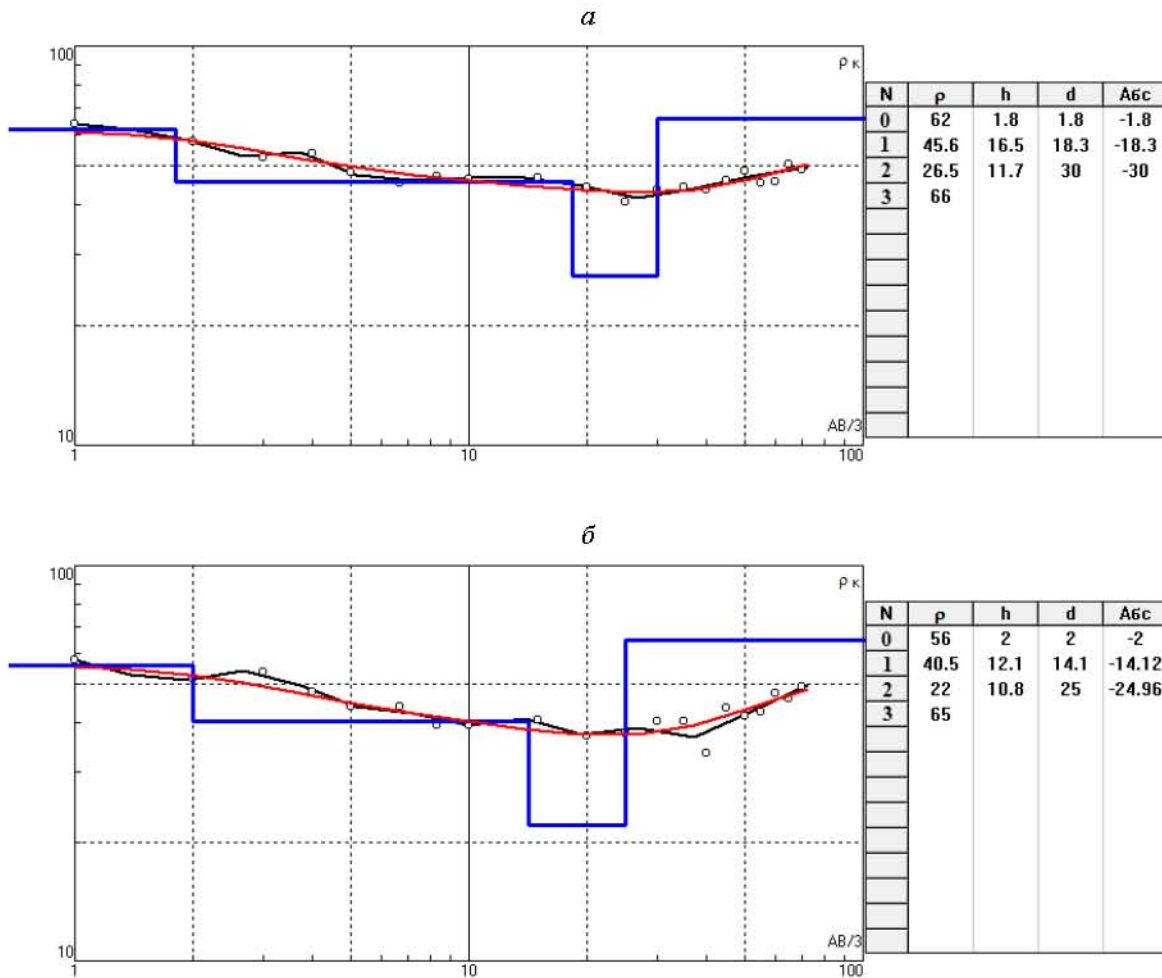


Рис. 5. Результаты ВЭС и их интерпретации для ВЭС №3 (а) и №4 (б):

N – номер слоя; ρ – УЭС слоя, Ом·м; h – мощность слоя, м; d – глубина от земной поверхности до почвы слоя, м; Абс – абсолютное значение отметки почвы слоя, м

Таблица. Расчетные параметры прибортового массива

№ ВЭЗ	Мощность слоя рыхлых отложений H , м	Мощность водонасыщенного слоя h_2 , м	Влажность W , %	Сцепление C , МПа	Угол внутреннего трения φ
Данные по профилю x					
1	37	13,4	37	0,028	5
2	32	12,7	37	0,028	5
3	30	11,7	30	0,045	7
4	25	10,8	35	0,033	6
5	27	9,5	38	0,026	5
Данные по профилю x_1					
1	33	12,1	38	0,026	5
2	37	14,6	38	0,026	5
3	36	15,3	31	0,043	7
4	33	13,5	35	0,033	6
5	35	11,8	37	0,028	5

$$C = -0,00219W + 0,1141; \quad (1)$$

$$(r = 0,83; t = 5,96)$$

$$\varphi = -0,25W + 14,48; \quad (2)$$

$$(r = 0,79; t = 5,47)$$

где C – сцепление, МПа; φ – угол внутреннего трения, град; W – влажность, %; r – коэффициент корреляции; t – критерий надежности оценки Стьюдента.

Для расчета проектных параметров откосов проведено корректирование физико-механических свойств ИГЭ на основе обратных расчетов по результатам произошедшего на исследуемом участке 20.06.03 оползня участка борта. Вид деформации – оползень однородного массива, поверхность скольжения выходит на откос вблизи границы четвертичных и коренных отложений. Одной из основных причин оползня является формирование

ослабленного слоя глинистых пород вследствие влагонасыщения массива в зоне гидродинамического влияния гидроотвала 3 (см. рис. 1) [1]. Профиль борта до и после оползня показан на рис. 4. Структура массива определена на основе данных ВЭЗ, проведенного в непосредственной близости от деформированного участка. Начальные значения параметров определены на основе имеющихся данных инженерно-геологических изысканий и корреляционных зависимостей.

В результате обратных расчетов получены следующие значения обобщенных параметров: $C = 0,04$ МПа, $\varphi = 8$ град.

На исследуемом участке выполнено десять измерений методом ВЭЗ (рис. 1). Интерпретация данных ВЭЗ выполнялась с помощью программного комплекса PI2win, при этом в качестве априорной информации в программу вводились значения мощности рыхлых отложений. На геозлек-

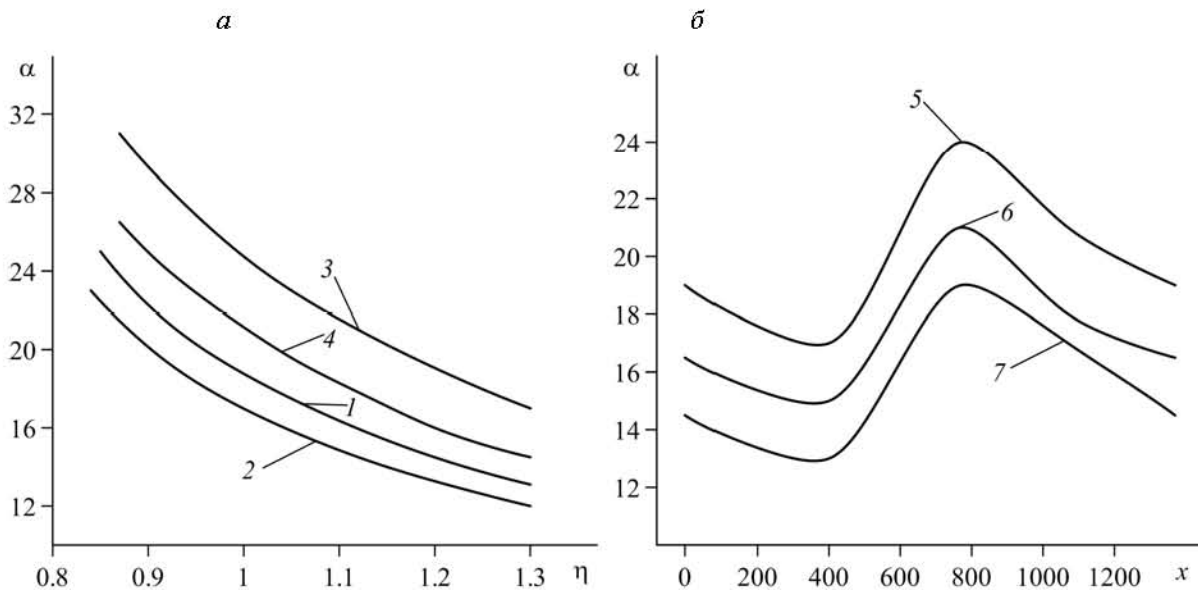


Рис. 6. Зависимости проектных углов откосов α от КЗУ η (а) и продольной координаты x (б): 1 – профили O_1y_1 и O_5y_5 ; 2 – O_2y_2 ; 3 – O_3y_3 ; 4 – O_4y_4 ; 5 – $\eta = 1$; 6 – $\eta = 1,1$; 7 – $\eta = 1,2$

трическом разрезе выделяется поверхностный слой небольшой мощности, слой мощностью h_1 суглинков при естественной влажности и водонасыщенный слой мощностью h_2 глинистых пород.

В табл. 1 приведены основные параметры прибортового массива в районе ВЭЗ, рассчитанные на основе интерпретации данных ВЭЗ, корреляционных зависимостей и обратных расчетов. Эти данные являются основой для расчета проектных параметров откосов. При высоте уступов, равной мощности слоя рыхлых отложений, определены углы откосов, при которых будет сохраняться устойчивость борта.

На рис. 6 показаны зависимости величины уг-

ла откоса α от коэффициента запаса устойчивости η и продольной координаты x .

Использование данных геофизических измерений и обратных расчетов позволило определить проектные параметры откосов без дополнительных затрат на инженерно-геологические изыскания. При этом использование в прямых и обратных расчетах одной и той же физико-геологической модели, определенной по данным ВЭЗ, создает замкнутую систему, в рамках которой компенсируются погрешности, связанные с интегральным характером параметров, определенных по данным геофизических измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прогнозирование зон скрытой фильтрации в грунтовом массиве при ведении открытых горных работ / С. М. Простов, Е. В. Костюков, В. А. Хямяляйнен, М. А. Кузнецов // ГИАБ. – 2005. – № 9. – С. 64–67.

□ Авторы статьи:

Смирнов
Николай Александрович,
аспирант КузГТУ.
Email: SmimovNick@yandex.ru;

Простов
Сергей Михайлович,
докт.техн. наук; проф. каф. теорети-
ческой и геотехнической механики
КузГТУ. Тел. 89050757924

УДК 622.831:620.171.5

А.С.Гуменный, В.В. Дырдин, Т.И. Янина, А.А. Мальшин

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА НА ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕДАВАЕМОГО СИГНАЛА ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ КОНТРОЛЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

Для повышения безопасности ведения горных работ при подземной разработке месторождений полезных ископаемых необходимо непрерывно контролировать целый ряд технологических параметров, в том числе непрерывно оценивать изменение напряженного состояния краевых зон массива горных пород. С этой целью разработана система непрерывного контроля изменения напряжений в массиве на основе волоконно-оптических элементов [1].

В системе используется сплошной фотоупругий датчик, который устанавливается по методике, изложенной в работе [2], в местах наиболее вероятного и опасного изменения напряженного состояния. Оптический сигнал с датчика в виде интерференционной картины передается на дневную поверхность с помощью оптического волновода, после чего обрабатывается с помощью современных цифровых технологий непрерывно в автоматическом режиме.

Ниже рассматривается влияние оптического волновода, который представляет собой промышленный осветительный жгут, собранный из тонких оптических волокон, на параметры передаваемого

сигнала. Оптические системы, как правило, линейные, то есть их можно описать линейными уравнениями.

Интерференционная картина, получаемая со сплошного фотоупругого датчика, двумерна [3]. На интенсивность выходного изображения $I_{out}(x, y)$ в точках с координатами x, y влияют все участки входного изображения. Для двумерного изображения уравнение свертки примет вид:

$$I_{out}(x, y) = \iint I_{in}(x', y')g(x-x', y-y')dx'dy', \quad (1)$$

где $I_{out}(x, y)$, $I_{in}(x, y)$ – интенсивности выходного и входного сигналов соответственно, $g(x, y)$ – аппаратная функция.

В оптике коэффициент передачи называется частотно-контрастной характеристикой (ЧКХ). Она определяется по выходному изображению интерференционной картины:

$$A(\omega) = \frac{E_{max} - E_{min}}{E_{max} + E_{min}} \quad (2)$$