

УДК 624.131 (075)

Инж. БОГУН Л.Д., канд. геол.-мин. наук ТАРАНЕЦ В.И., инж. ХРОМОВ А.Н.,
инж. ЗАБОРИН М.С. (Донецкий национальный технический университет)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА БАЗЫ ОТДЫХА «ГОЛУБАЯ БУХТА» НА ПОБЕРЕЖЬЕ АЗОВСКОГО МОРЯ

Административное и географическое расположение, геоморфология, климатические условия и бальнеологические возможности побережья «Голубой бухты» представляют большой интерес и могут быть с успехом использованы для оздоровления трудового населения Донбасса. Основной проблемой освоения побережья «Голубой бухты» являются оползни, получившие широкое распространение вдоль всего побережья Азовского моря.

Активность развития оползней с каждым годом увеличивается в связи с интенсивным освоением побережья Азовского моря, строительством многочисленных пансионатов и детских здравниц, промышленных и гражданских сооружений в г. Мариуполе и других приморских поселках, а также расширением инфраструктуры Мариупольского морского пароходства.

Оползневой массив базы отдыха «Голубая бухта» является типовым для побережья Азовского моря. Участок, отведенный под строительство базы отдыха, расположен на берегу Голубая бухта в Новоазовском районе Донецкой области. Участок вытянут вдоль побережья на 400 м, ширина колеблется от 150 до 250 м, общая площадь составляет 8 га [1].

Изучаемая территория представляет собой крутой берег Азовского моря с узкой полосой песчаного пляжа, который во время нагонных ветров заливается морской водой. Южная - юго-восточная часть территории осложнена оползневыми процессами. Многочисленные родники, изливающиеся на дневную поверхность в пределах оползневых уступов, приводят к заболоченности отдельных участков. Перепад отметок поверхности составляет 30 м, абсолютные отметки изменяются в пределах 0,00-30,00 м. Комплексный подход к изучению территории позволил выявить причину возникновения и механизм развития оползней.

Территория базы отдыха «Голубая бухта» приурочена к восточной части Украинского кристаллического щита – Приазовской впадине, заполненной мезозойскими и кайнозойскими отложениями. Толща кайнозойских образований на глубину бурения представлена отложениями верхнего неогена – понтическими известняками-ракушечниками, мелкозернистыми песками и пестроокрашенными глинами, перекрытыми четвертичными золово-делювиальными суглинками и почвенно-растительным слоем, а вдоль прибрежной зоны – песчано-галечниковыми морскими отложениями [1, 2]. Залегание пород моноклинальное, полого падающее на юг-юго-восток в сторону Азовского моря.

Подземные воды в пределах изучаемой территории вскрыты повсеместно на глубине 5,0-11,0 м за исключением южной прибрежной зоны, где наблюдается сформированное морем депрессионное понижение. Подземные воды заключены в четвертичных суглинках, а также в песках и известняках верхнего неогена.

Так как согласно данным геофизических исследований известняки в западной части территории обладают повышенной трещиноватостью, направление потока подземных вод корректируется дренирующей зоной известняков и направлено на ЮЮЗ, а не на ЮЮВ в сторону берега моря.

Неогеновые глины выполняют роль практического водоупора, но сравнительно высокая минерализация грунтовых вод, заключенных в суглинках, составляющая 4,16-4,55 г/л, свидетельствует о возможной гидравлической взаимосвязи водоносных горизонтов и морских вод.

В пределах южной и восточной частей изучаемой территории в местах понижений, эрозионных врезов и оползневых уступов наблюдаются выходы на поверхность многочисленных родников, образующих постоянные и временные водотоки, а местами заболоченные участки.

В пределах изучаемой территории геодинамические процессы получили широкое распространение. Геологическое строение, гидрогеологические условия и абразионная деятельность моря создают условия для постоянного нарушения равновесия земляных масс, что и обуславливает постоянную динамику формирования морского берега. Согласно данным ПГО "Донбассгеология", а также геофизическим исследованиям УкрНИМИ гравитационными экзогенными процессами охвачены юго-западная, южная и юго-восточная части исследуемой территории. В юго-западной части земляные массы древнего оползня с плоскостью скольжения в глинах сползли в сторону берега и переработаны морем. Активная оползневая деятельность в настоящее время на этом участке не наблюдается, за исключением крайней береговой части. Юго-восточная и восточная часть территории осложнена многочисленными сколами, оползнями и оплывинами. При этом многочисленные родники, изливающиеся на дневную поверхность по плоскостям срыва и вдоль оползневых уступов, приводят к заболачиванию территории, что в свою очередь создает благоприятные условия для развития оползней и оплывин.

Оползни преимущественно консеквентные, структурно-консистентные, имеют преимущественно циркуобразную форму с продольными и поперечными размерами в плане 30-60 м [1, 2]. Мощность оползней от 4,0 до 9,0 м, амплитуда срыва от 3,0 до 5,0 м. Плоскость скольжения прослеживается в кровле глин.

Описанные оползни являются типовыми для неосвоенного побережья Азовского моря. Причинами образования и развития оползней являются природные факторы: геологическое строение, гидрогеологические условия и абразионная деятельность моря, усиливающиеся климатическими особенностями региона. Интенсивное снеготаяние в весенний период увеличивает количество инфильтрующейся поверхностной воды, что приводит к потере прочностных свойств грунтов слагающих побережье. Кроме того, сильные юго-восточные ветры увеличивают ударную силу волны и вызывают интенсивную абразионную деятельность волноприбоя [2]. Поэтому наиболее активное развитие оползневых процессов приурочено к весеннему периоду года.

Тем не менее, учитывая уникальные бальнеологические особенности региона, при качественной планировке и применении комплекса противооползневых мероприятий территория морского побережья может быть использована для размещения социальной сферы и оздоровления населения Украины, особенно детей.

Основными критериями для расчета устойчивости склонов или откосов являются геоморфологические признаки, обуславливающие крутизну откоса и геологическое строение – условия залегания горных пород и физико-механические характеристики литологических разностей пород, составляющих склон.

Для расчета устойчивости выбран типовой поперечный разрез, составленный на основании инженерно-геологических изысканий, выполненных в 1988 году Ждановским филиалом института Укргипромез и 1993 году ИФ «Геовита» СП «ГЭРЦ» инко (рис. 1).

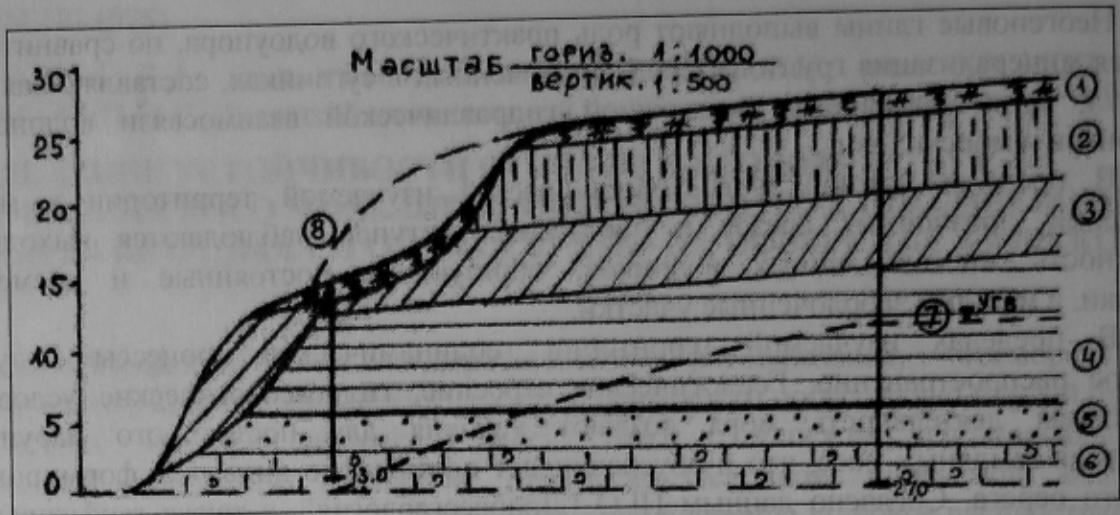


Рис. 1. Геологический разрез: 1 – почвенно-растительный слой; 2 – лессовый суглинок золово-делювиальный четвертичного возраста; 3 – делювиальный суглинок четвертичного возраста; 4 – глина, средний неоген; 5 – песок, средний неоген; 6 – известняк, средний неоген; 7 – уровень грунтовых вод; 8 – контур сползшего оползня

Учитывая многофакторность образования и развития оползней, а также террасообразное их формирование, необходимо выполнить расчет устойчивости не только природно сформировавшихся откосов, но и устойчивость территории в плане.

Геофизические исследования показали, что плоскость скольжения оползней прослеживается преимущественно в глинах на глубинах от 10 до 20 м. На отдельных участках оползневая масса частично переработана морем и склоны на период изысканий условно устойчивы, но на большей части склонов наблюдается интенсивное развитие оползневых процессов.

Для расчета устойчивости откосов использован метод математической модели, основанной на графической модели откоса, предложенной Н.Н.Масловым (рис. 2) [3].

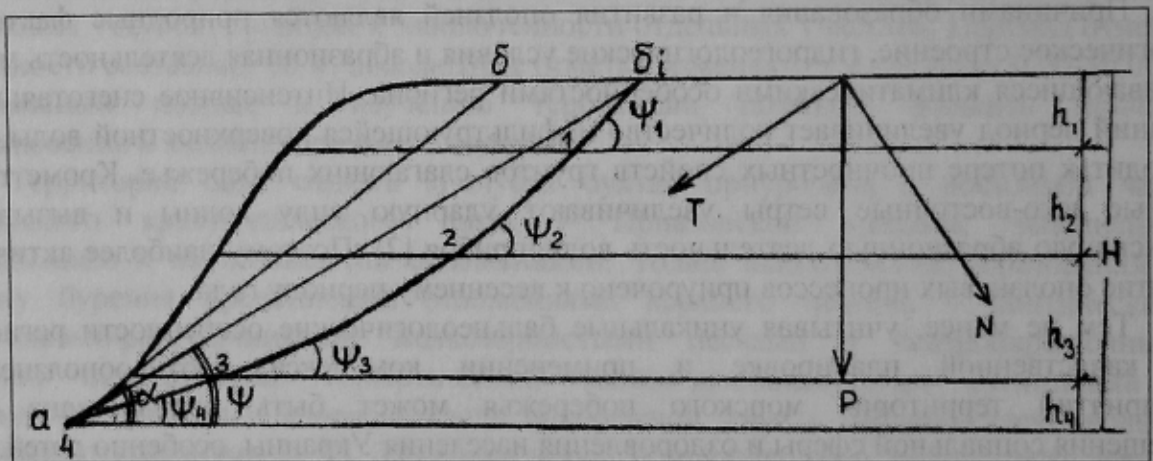


Рис. 2. Расчетная схема устойчивости склона по методу равнопрочных откосов: P – напряжение от бытового давления; N – нормальное напряжение; T – касательное напряжение; a – точка основания откоса; δ – точка определения устойчивости откоса; δ_i – точка устойчивого откоса; α – угол откоса для точки определения устойчивости; ψ – средневзвешенный угол устойчивого откоса; ψ_n – угол устойчивого откоса в подошве слоя

Этот метод базируется на предположении, что угол естественного откоса для связной породы соответствует углу сопротивления сдвигу, определенному в лабораторных или полевых условиях.

Угол сопротивления сдвигу ψ зависит от приложенной нагрузки, поэтому его необходимо определять при нагрузках, равных давлению вышележащих пород в конкретной точке природного склона. Отсюда выходит, что склон в устойчивом состоянии имеет по высоте переменный угол.

Исходя из этих выводов, Н.Н.Маслов предлагает такую расчетную формулу устойчивости откоса:

$$F_p = \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \psi, \quad (1)$$

$$F_p = \operatorname{tg} \alpha + \frac{C}{P}, \quad (2)$$

где F_p – тангенс угла откоса в устойчивом состоянии; ψ – угол сопротивления сдвигу в откосе; α – угол внутреннего трения грунта; C – удельное сцепление грунта; P – нормальное давление, соответствующее природному (бытовое давление).

При этом бытовое давление определяется как сумма частных давлений каждого слоя:

$$P = \sum P_i, \quad (3)$$

где P_i – нормальное давление в основании каждого слоя.

P_i для любой глубины определяется по формуле:

$$P_i = h_i \cdot \rho_e, \quad (4)$$

где h_i – глубина изучаемой толщи на профиле откоса; ρ_e – средняя плотность вышележащего обводненного грунта.

Степень устойчивости откоса определяется соотношением сил, стремящихся сдвинуть массив горных пород, и сил, противостоящих сдвигению горных пород, и характеризуется коэффициентом устойчивости $K_{уст}$:

$$K_{уст} = \frac{\operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (5)$$

где ψ – угол откоса в устойчивом состоянии; α – угол откоса для заданной точки.

Метод равнопрочных откосов позволяет построить профиль в любой точке для любого коэффициента устойчивости согласно нормативным и расчетным характеристикам физико-механических свойств грунтов.

Данные расчета устойчивости откосов приведены в таблицах 1, 2, 3.

Для расчета устойчивости откосов использованы средневзвешенные нормативные характеристики, рассчитанные по программе УкрвостокГИИНТИЗа на основании данных изысканий, выполненных на стадии проекта. Расчетные характеристики при доверительной вероятности $\alpha=0,85$ и $\alpha=0,95$ приняты для предварительных расчетов согласно «Рекомендаций к СНиПу 1.02.07-87 «Инженерные изыскания для строительства».

Выполненные расчеты позволяют утверждать, что оползни в пределах изучаемой территории носят вращательный характер, преимущественно асеквентные и консеквентные, структурно-консистентные. Основной причиной их развития считаются природные факторы. Принимая во внимание, что плоскость скольжения оползня в течение времени смещается на глубину, захватывая глины практически на всю мощность, а абразионная деятельность волноприбоя разрушает преимущественно песчаные отложения, залегающие в подошве глин, расчет устойчивости откоса выполнялся на всю мощность отложений до кровли известняков-ракушечников неогенового возраста.

Табл. 1. Исходные характеристики для расчета устойчивости откоса

Исходные характеристики в точках расчёта	Средне-взвешенная плотность в водонасыщенном состоянии, ρ_v , г/см ³	Мощность толщи, Н, м	Средне-взвешенный угол внутреннего трения, ϕ , градус	Средне-взвешенное удельное сцепление, С, МПа	Бытовое давление, Р, МПа	Угол откоса в точке расчёта, α , градус
Точка «б»	1,96	24,5	22,1	0,031	0,481	28,5
Точка «в»	1,97	24,6	22,0	0,030	0,485	18,2
Точка «г»	1,95	24,5	21,1	0,035	0,478	12,3

Табл. 2. Сравнительные характеристики устойчивости откоса

Характеристики устойчивости в точках	Угол откоса в массиве, α , градус	Угол устойчивости откоса, ψ , градус			Коэффициент устойчивости откоса, $K_{уст}$		
		Нормативный	Расчётный		Нормативный	Расчётный	
			$a=0,85$	$a=0,95$		$a=0,85$	$a=0,95$
Точка «б»	28,5	25,1	21,3	17,3	0,86	0,72	0,57
Точка «в»	18,2	25,0	21,2	17,3	1,42	1,18	0,95
Точка «г»	12,3	24,6	20,8	16,9	2,02	1,68	1,35

Табл. 3. Истинные углы откоса по слоям

№ слоя	Мощность слоя, h, м	Плотность водонасыщенного грунта, ρ_v , г/см ³	Бытовое давление в подошве слоя, Р, МПа	Угол внутреннего трения ϕ , градус	Удельное сцепление, С, МПа	Тангенс устойчивого откоса $F_p = tg\psi$	Угол устойчивого откоса ψ_p , градус
1	4,0	1,96	0,0784	24	0,026	0,777	37,8
2	8,0	1,97	0,2360	23	0,037	0,581	30,2
3	9,0	1,98	0,4142	19	0,038	0,436	24,6
4	3,5	2,1	0,4877	26	0,003	0,549	28,8

Примечание. Расчет истинных углов устойчивости откоса по слоям выполнен только для точки «б» (рис. 2).

Так как оползнями охвачены преимущественно глинистые отложения, для расчета устойчивости склона использован метод равнопрочных откосов, предложенный Н.Н.Масловым для связных грунтов. Этот метод позволяет определить степень устойчивости откосов в природном состоянии в любой точке откоса, расположенной вдоль поперечного разреза (рис. 3).

Построив график зависимости коэффициента устойчивости откоса от расстояния можно определить в пределах разреза точку устойчивости при нормативных и расчетных характеристиках грунтов при любой доверительной вероятности. Определив характеристики устойчивости откосов по любому количеству поперечных разрезов мы можем вынести эти точки на план изучаемой территории и соединив их изолиниями определить границы устойчивости территории согласно нормативным и расчетным характеристикам грунтов при заданной доверительной вероятности.

Это позволит разработать генеральный план проектируемого строительства, определить границы возможного строительства, учитывая класс и этажность сооружений.

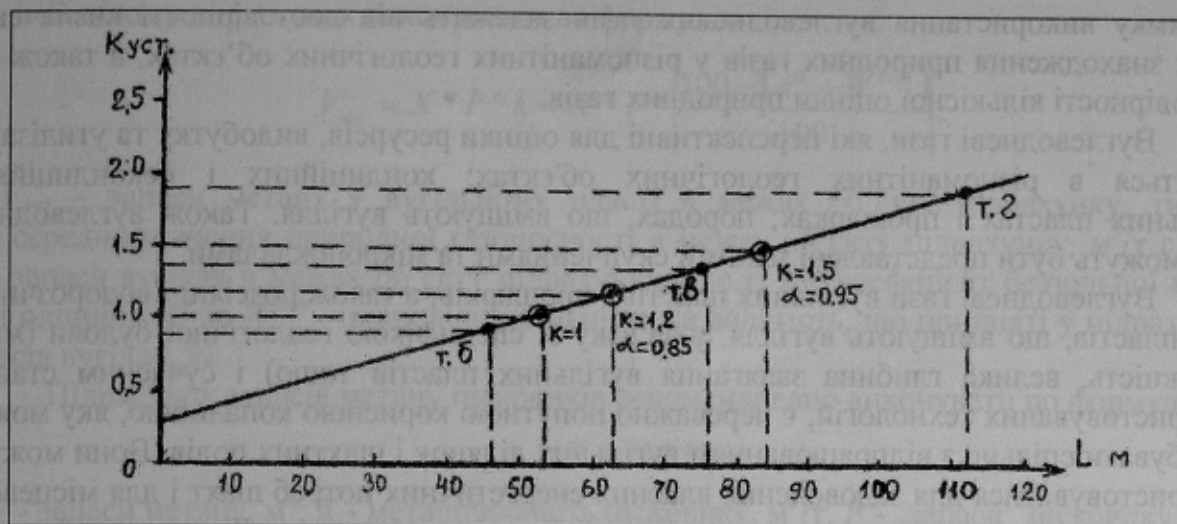


Рис. 3. Графік залежності коефіцієнта устійності откоса від відстані

Предложенные расчеты являются предварительными.

Окончательные расчеты устійности склонов на застраиваемых территориях выполняются проектно-изыскательскими организациями с учетом полного комплекса инженерно-геологических изысканий и выбранного типа инженерных сооружений. При этом нагрузка на склон определяется как сумма бытового давления грунтов основания и нагрузки от проектируемого сооружения.

Расчеты и рекомендации, предложенные авторами, могут быть использованы при освоении присклоновых территорий как морского, так и речного побережья, а также разработке берегозащитных мероприятий, обеспечивающих надежную эксплуатацию инженерных сооружений и коммуникаций и охрану окружающей среды.

Библиографический список

1. Богун Л.Д., Таранец В.И. База отдыха «Голубая бухта» на Азовском море: Отчет об инженерно-геологических изысканиях. – Донецк: И.Ф. «Геовита» СП «ГЭРЦ» инко, 1993.
2. Таранец В.И., Богун Л.Д. и др. Исследование роли природных и антропогенных факторов гравитационных экзодинамических процессов на территории Донецкой области: Отчет о научно-исследовательской работе. - Донецк: ДонНТУ, 2000. - 100 с.
3. Ломгадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. - Л., Недра, 1977.

© Богун Л.Д., Таранец В.И., Хромов А.Н., Заборин М.С., 2008

УДК 662.66:662.767.1(430)

Инж. ВЛАСЮК О.В. (ДГРП «Донецькгеологія»), докт. геол. наук ВОЛКОВА Т.П., магістрант КУРИЛОВИЧ В.В. (Донецький національний технічний університет)

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ГЕОЛОГІЧНИХ ЗАПАСІВ МЕТАНУ У ВУГЛЕНОСНІЙ ТОВЩІ ДОНБАСУ

Вирішення питання комплексного освоєння вугільних родовищ Донбасу як газово-вугільних, охорони навколишнього середовища і безпечного ведення робіт на діючих гірничовидобувних підприємствах потребує детального вивчення всього комплексу проблем газоносності вугленосних відкладів. Актуальними є вирішення питань про форми знаходження природних газів у вугленосному розрізі, оцінки ресурсів і підрахунку запасів метану, а також можливості і шляхи використання вуглеводневої сировини в економіці країни. З'ясування можливості утилізації і вибір