

УДК 624.131.22:502(477.75)

Сухорученко С.К.

*Частное Предприятие «ИНСТИТУТ «КРЫМГИИНТИЗ»*

## РЕГРЕССИОННЫЕ УРАВНЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛИН НИЖНЕГО МЕЛА КРЫМСКОГО ПРЕДГОРЬЯ

У статті наводяться регресійні рівняння деформаційно-міцнісних характеристик глин нижньої крейди Кримського Передгір'я для природних та природно-техногенних систем під зростаючим впливом господарської діяльності людини.

Ключові слова: регресійні рівняння, змінення властивостей ґрунтів.

В статье приводятся регрессионные уравнения деформационно-прочностных характеристик нижнемеловых глин Крымского Предгорья для природных и природно-техногенных систем под возрастающим влиянием хозяйственной деятельности человека.

Ключевые слова: регрессионные уравнения, изменение свойств грунтов.

У статті наводяться регресійні рівняння деформаційно-міцнісних характеристик глин нижньої крейди Кримського Передгір'я для природних та природно-техногенних систем під зростаючим впливом господарської діяльності людини.

Ключові слова: регресійні рівняння, змінення властивостей ґрунтів.

The regressive equations happen to in article deformation and strength characteristics of the lower cretaceous clays of the Crimean Foothill of the features for natural and natural-technical systems under increasing influence to economic activity of the person.

Keywords: regressive equations, change characteristic soil.

**Введение.** Актуальность создания регрессионных уравнений деформационно-прочностных характеристик нижнемеловых глин Крымского Предгорья для природных (ПС) и природно-техногенных систем (ПТС) заключается в оперативном прогнозировании возможных изменений состояния глин при взаимном влиянии их и инженерных объектов. Это позволяет повысить эффективность при эколого-геологических и проектно-изыскательских работах. Необходимость составления двух различных таблиц деформационно-прочностных характеристик для ПС и ПТС, заключается в участвующих разрушениях сооружений и зданий, после их 10-20летней эксплуатации, которые объяснить, заложенными при проектировании характеристиками данных глин невозможно [7].

Опыт составления подобных таблиц существует и приведён в [4, 5, 6, 8, 9], где обосновываются различные регрессионные уравнения, которые имеют как линейную, так и нелинейную зависимость деформационно-прочностных характеристик от их физических свойств.

В большинстве случаев, выбор прогнозируемого уравнения, для механического показателя, сводится к линейной зависимости, чем к нелинейной [4, 6].

**Цель, задачи, объект, предмет и методика исследований.** Цель работы – создание математического аппарата для экспрессных оценок состояния нижнемеловых глин Крымского Предгорья.

Задачи исследования:

- при помощи коэффициента корреляции установление математической связи между деформационно-прочностными и физическими характеристиками в ПС и ПТС;

- составление регрессионных уравнений значений модуля деформации, удельного сцепления, угла внутреннего трения от физических характеристик нижнемеловых глин для ПС и ПТС.

Объектом исследования являются нижнемеловые глины Крымского Предгорья, а предметом изменение деформационно-прочностных свойств

нижнемеловых глин от их физических характеристик под влиянием хозяйственной деятельности человека.

Основными методами исследования были лабораторные геотехнические исследования, которые проводились согласно ДСТУ Б В.2.1-3-96 [2], ГОСТ 5180-84 [1], ДСТУ Б В.2.1-4-96 [3], а также систематизация лабораторных данных и методы регрессионного анализа.

Для создания уравнений регрессии применялся математический метод, предложенный ПНИИИС [5], по которому уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$X = X_{cp} - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{cp}) \times X_i}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{cp})^2} \times (y - y_{cp}) \quad (1)$$

где:  $X$  – искомое значение модуля деформации, или удельного сцепления, или угла внутреннего трения, или давления набухания, или относительного набухания;  $X_{cp}$  – среднее значение модуля деформации, или удельного сцепления, или угла внутреннего трения, или давления набухания, или относительного набухания;  $X_i$  – параллельное определение модуля деформации, или удельного сцепления, или угла внутреннего трения, или давления набухания, или относительного набухания при данном значении физической характеристики;  $y_i$  – параллельное определение физической характеристики при данном значении модуля деформации или удельного сцепления или угла внутреннего трения или давления набухания, или относительного набухания;  $y_{cp}$  – среднее значение физической характеристики;  $y$  – переменная величина физической характеристики.

Отбор образцов глин осуществлялся при инженерно-геологических изысканиях по всей территории распространения нижнемеловых глин Крымского Предгорья, от города Балаклавы до города Феодосии.

Для определения граничных значений коэффициента пористости и показателя текучести глин было проанализировано более 1300 определений физических свойств отобранных в ПС и более 1750 определений физических свойств отобранных в ПТС.

Для составления регрессионных уравнений было использовано 654 определения модуля деформации и 128 определений удельного сцепления и угла внутреннего трения, отобранных в ПС и соответственно 541 и 259 определений этих характеристик из ПТС.

**Результаты исследований.** Составление региональных таблиц деформационно-прочностных характеристик нижнемеловых глин Крымского Предгорья для ПК и с учётом техногенного изменения ранее не проводились. Впервые изучена зависимость деформационно-прочностных характеристик от их физических характеристик и показателя текучести отдельно для ПС и ПТС.

Достоверность тесноты связей между деформационно-прочностными и физическими характеристиками определялись при помощи коэффициента корреляции. По результатам исследований достоверные связи между деформационно-прочностными и физическими характеристиками (там, где коэффициент корреляции имеет величину большую, чем 0,5) наблюдались между природной влажностью, плотностью скелета грунта, коэффициентом пористости, пористостью, а в отдельных случаях с влажностью на границе текучести и плотностью грунта (табл. 1).

Таблица 1

Оценка связи между деформационно-прочностными показателями нижнемеловых глин и физическими показателями при помощи коэффициента пористости

Физические характеристики глин	Модуль деформации,	Удельное сцепление, КПа	Угол внутреннего трения, градус

	МПа					
	ПС	ПТС	ПС	ПТС	ПС	ПТС
Природная влажность, д.е.	-0,521	-0,587	-0,510	-0,522	-0,519	-0,635
Влажность на границе текучести, д.е.	-0,180	-0,411	0,049	-0,157	-0,178	-0,519
Влажность на границе раскатывания, д.е.	-0,193	-0,311	0,033	-0,092	-0,232	-0,404
Число пластичности, б.р.	-0,149	-0,393	0,047	-0,208	-0,105	-0,497
Показатель текучести, б.р.	-0,162	-0,108	-0,166	-0,138	-0,172	-0,194
Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>	0,485	0,602	0,578	0,482	0,494	0,555
Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	0,509	0,629	0,619	0,521	0,530	0,624
Плотность части чек грунта, г/см <sup>3</sup>	0,162	0,287	-0,019	0,125	0,143	0,350
Коэффициент пористости, б.р.	-0,558	-0,631	-0,536	-0,568	-0,537	-0,621
Пористость, %	-0,542	-0,617	-0,520	-0,537	-0,524	-0,601
Коэффициент водонасыщения, б.р.	-0,017	-0,065	0,198	-0,043	-0,008	-0,170

Для построения регрессионных уравнений деформационно-прочностных характеристик были выбраны следующие физические – природная влажность, плотность сухого грунта и коэффициент пористости.

На основе более чем 3000 определений для разных по показателю текучести глин в ПС и ПТС установлен диапазон значений природной влажности, плотности скелета грунта и коэффициента пористости (табл.2).

Таблица 2  
Диапазон значений природной влажности, плотности скелета грунта и коэффициента пористости нижнемеловых глин Крымского Предгорья

Системы	Показатель текучести	Граничные значения					
		природная влажность		плотность скелета грунта		коэффициент пористости	
		нижнее	верхнее	нижнее	верхнее	нижнее	верхнее
Природные	$IL < 0$	0,072	0,456	1,03	1,93	0,396	1,357
	$0 \leq IL \leq 0,25$	0,163	0,461	1,04	1,72	0,534	1,367
	$0,25 < IL \leq 0,5$	0,221	0,477	1,11	1,58	0,696	1,395
Природно-техногенные	$IL < 0$	0,104	0,472	1,07	2,13	0,411	1,384
	$0 \leq IL \leq 0,25$	0,166	0,486	1,09	1,79	0,434	1,395
	$0,25 < IL \leq 0,5$	0,183	0,488	1,12	1,68	0,493	1,454
	$0,5 < IL \leq 0,75$	0,190	0,491	1,14	1,66	0,593	1,502

В табл. 3 и 4 приведены регрессионные уравнения деформационно-прочностных характеристик от природной влажности ( $W$ ), плотности сухого грунта ( $\rho_{ск}$ ) и коэффициента пористости ( $\epsilon$ ) для ПС и ПТС, полученные на основе формулы (1).

Таблиця 3

Регрессионные уравнения механических свойств нижнемеловых глин Крымского Предгорья  
для ПС

Показатель текучести	Деформационно-прочностные характеристики		
	Модуль деформации, E (МПа)	Удельное сцепление, C (кПа)	Угол внутреннего трения, φ (градусы)
IL<0	E=53,3-28,83e	C=71,8-30,5e	φ=31-9e
	E=47,6-75,5W	C=66,9-86,1W	φ=30-29W
	E=31,3рск-17,9	C=34,4рск -5,3	φ=15,3рск -2,1
0≤IL≤0,25	E=43,61-24,19e	C=62,4-25,6e	φ=29-10e
	E=44,5-76,3W	C=57,3-67,2W	φ=27-26W
	E=33,7рск -25,0	C=32,9рск -9,5	φ=19,5рск -8,9
0,25<IL≤0,5	E=30,73-17,33e	C=42,9-15,8e	φ=28-12e
	E=27,1-43,0W	C=41,8-42,3W	φ=27-32W
	E=26,6рск -23,5	C=22,0рск -3,2	φ=19,1рск -10,5

Таблиця 4

Регрессионные уравнения механических свойств нижнемеловых глин Крымского Предгорья  
для ПТС

Показатель текучести	Деформационно-прочностные характеристики		
	Модуль деформации, E (МПа)	Удельное сцепление, C (кПа)	Угол внутреннего трения, φ (градусы)
IL<0	E=52,18-32,36e	C=55,4-22,6e	φ=30-12e
	E=48,1-86,5W	C=52,0-57,9W	φ=30-38W
	E=33,3рск-30,5	C=24,0рск-1,2	φ=13,5рск-1,7
0≤IL≤0,25	E=37,19-22,32e	C=52,0-21,4e	φ=27-9e
	E=37,8-66,0W	C=50,9-62,5W	φ=29-38W
	E=28,7рск-26,6	C=28,6рск-10,5	φ=16,8рск-8,1
0,25<IL≤0,5	E=22,78-12,79e	C=47,3-26,5e	φ=23-10e
	E=22,9-37,0W	C=48,4-81,3W	φ=22-28W
	E=17,3рск-13,6	C=37,5рск-32,1	φ=14,2рск-7,5
0,5<IL≤0,75	E=22,32-13,76e	C=33,1-17,6e	φ=22-11e
	E=20,4-36,0W	C=36,0-58,1W	φ=20-26W
	E=21,8рск-22,7	C=26,6рск-22,4	φ=15,7рск-11,7

### Выводы

- достоверные связи между деформационно-прочностными и физическими характеристиками наблюдались между природною влажностью, плотностью скелета грунта и коэффициентом пористости, а в отдельных случаях с влажностью на границе текучести и плотностью грунта (коэффициент корреляции больше 0,5);
- наличие корреляционной связи между деформационно-прочностными и физическими показателями позволяет использовать эти связи для экспрессных оценок механического состояния нижнемеловых глин;
- оперативное получение результатов механического состояния нижнемеловых глин по физическим показателям, позволяет прогнозировать изменение инженерно-геологическое состояние исследуемых глин;

- использование физических характеристик с целью определение деформационно-прочностных показателей необходимо для мониторинга инженерно-геологического состояния;
- значения модуля деформации в природно-технических комплексах, по сравнению с ПК, уменьшились на 7-46%, удельного сцепления на 9-52% и угла внутреннего трения на 7-28%.

#### Библиографические ссылки

1. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – Взамен ГОСТ 5180-75, ГОСТ 5181-78, ГОСТ 5182-78, ГОСТ 5183-77; Введ. 01.07.85. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 24с.
2. ДСТУ Б В.2.1-3-96 (ГОСТ 30416-96). Грунти. Лабораторні випробування. Загальні положення. – Введ. вперше; Введ. 01.01.1997. – К.: ГП «Укрархбудинформ», 1997. – 19с.
3. ДСТУ Б В.2.1-4-96 (ГОСТ 12248-96). Грунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформованості. – Взамін ГОСТ 12248-78, ГОСТ 17245-79, ГОСТ 23908-79, ГОСТ 24586-90, ГОСТ 25585-83, ГОСТ 26518-85; Введ. 01.01.1997. – К.: ГП «Укрархбудинформ», 1997. – 85с.
4. Комаров И.С., Хайме Н.М., Бабеньшев А.П. Многомерный статистический анализ в инженерной геологии. – М.: Недра, 1976. – 199с.
5. Пособие по расчётам опробования грунтов при инженерных изысканиях для строительства / [Сост. М.Т. Ойзерман, Б.Г. Слепцов, М.В. Рац]. – М.: Стройиздат, 1976. – 39с.
6. Руководство по составлению региональных таблиц нормативных и расчётных показателей свойств грунтов / [Сост. Б.Г. Слепцов, И.Г. Игнатьева, М.Т. Ойзерман и др]. – М.: Стройиздат, 1981. – 55с.
7. Сухорученко С.К. Влияние изменения физических и набухающих свойств набухающих глин на экологическую безопасность при хозяйственном освоении территории (на примере Предгорного Крыма) // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь, Национальная академия природоохранного и курортного строительства, 2005, выпуск 12. – С.89-91.
8. Теоретические основы инженерной геологии. Механико-математические основы / [ред. Е.М. Сергеева]. – М.: Недра, 1986. – 254с.
9. Ткачук Э.И. Логические ошибки интерпретации инженерно-геологической информации // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2008 – №2. – С. 168-182.

*Надійшла до редколегії 21.03.2013*