

6. Осипов В.И., Кутепов В.М., Зверев В.П. Опасные экзогенные процессы – М.: ГЕОС, 2008.

УДК 622.011.4

Полканов В.Н.<sup>1</sup>

## Основные факторы, обуславливающие длительную прочность сарматских глин Молдовы

### Abstract

*Hereby are presented the investigations results of strength and rheological characteristics of sarmatian clays of Moldova. The main factors that determine their long-term strength are revealed. The resulting equations can be used in the pre-evaluation of the bearing capacity of foundations as well as stability of slopes and scarps of the artificial structures.*

### Resumat

*Sunt prezentate rezultatele cercetării caracteristicilor de rezistență și reologice pentru argilele sarmatiene din Republica Moldova. Au fost stabiliți factorii principali, care determină rezistența de lungă durată a lor. Ecuațiile obținute pot fi utilizate la stadiul evaluării preventive a capacității portante a temelilor, stabilității versanților și a taluzurilor artificiale.*

### Резюме

*Представлены результаты исследований прочностных и реологических характеристик сарматских глин Молдовы. Выявлены основные факторы, определяющие их длительную прочность. Полученные уравнения могут быть использованы на стадии предварительной оценки несущей способности оснований, устойчивости склонов и откосов искусственных сооружений.*

### Введение

В течение последних десятилетий в Техническом Университете Молдовы проводятся исследования по изучению оползневых явлений, выявлению природы прочности глинистых оползневых пород [1,2].

Автор статьи развивает идеи, изложенные в физико-технической теории ползучести Н.Н.Маслова и трудах ДИИТа [3, 4, 5].

При решении инженерных задач принципиально важным является получать параметры, характеризующие длительную прочность грунта в течение срока службы сооружения. Эта величина рассматривается как служебная прочность, которая должна соответствовать определенной величине запредельной деформации, накопленной к моменту окончания срока службы сооружения ( $S_t$ ). Исследования показали, что для изучаемых сарматских глин Молдовы последняя, в

---

<sup>1</sup> Технический Университет Молдовы

значительной мере, определяется наличием сформировавшихся к данному моменту естественных зон ослабления и стадией развития склона.

### **1. Приборы и оборудование. Методика проведения испытаний грунтов.**

При проведении исследований были обобщены и проанализированы данные 600 опытов на «быстрый сдвиг» при скорости  $v = a \cdot 10^{-3}$  м/с и свыше 60 опытов, проведенных по методу «с постоянной скоростью» при скорости  $v = a \cdot 10^{-5} \dots 10^{-8}$  м/с.

Испытания образцов при различном режиме их загрузки в первую очередь были нацелены на выявление природы прочности глинистых грунтов.

Используя данные на «быстрый» и «медленный» (с постоянной скоростью деформирования) сдвиг были построены зависимости прочности от скорости. В результате выявлено снижение на 25% прочности испытуемых образцов при уменьшении скорости сдвига с  $v = a \cdot 10^{-3}$  до  $v = a \cdot 10^{-8}$  м/с.

Выяснение механизма снижения прочности изучаемых грунтов во времени определило необходимость разработки методики испытаний, учитывающей региональные особенности грунтов. Анализ литературных источников и фондовых материалов показал, что первые исследования сарматских глин Молдовы были посвящены в основном испытаниям образцов с нарушенной структурой. Более поздние опыты выполнялись на образцах естественного сложения. Однако, в этих исследованиях практически не уделялось внимание учету возможных зон ослабления. Применительно к скрытопластичным глинам региона это имеет большое практическое значение, поскольку влияние этого регионального фактора перекрывает влияние на прочность основных физических характеристик грунта.

Исследовались две характерные разности глин: пестроцветные, комковатые, перемятые с вертикальной трещиноватостью, наклонными зеркалами скольжения мощностью от 6 до 12 м (верхняя толща) и серовато-зеленые, темно-синие, стальнo-серые, горизонтально-слоистые (коренная толща).

### **2. Анализ результатов проведенных исследований**

Анализ результатов испытаний по изучению прочности этих грунтов и их физических характеристик показал, что выделенные разности имеют примерно одинаковые значения физических характеристик, однако резко отличаются по средним значениям прочности.

Изучение зависимости прочности ( $S$ ) от физических характеристик грунтов и прикладываемого нормального давления ( $\sigma$ ) выполнялось методом парной корреляции для общей выборки.

Наиболее тесная связь проявилась при линейной зависимости между  $S$  и  $\sigma$ . Коэффициент корреляции составил 0,80. Характер связи между сопротивляемостью сдвигу и влажностью для грунтов естественного сложения более сложный, хотя коэффициент корреляции достаточно высокий (0,56). Для грунтов верхней части толщи в интервале естественной влажности  $w=15 \div 31\%$  исследуемая связь практически не прослеживается. Для грунтов нижней части толщи в диапазоне влажности  $w=17 \div 25\%$  наблюдается снижение прочности при изменении консистенции.

Только специальная подготовка выборки и последующая ее обработка методами математической статистики позволили получить зависимости медианных

значений сцепления ( $C_{md}$ ) и угла внутреннего трения ( $\varphi_{md}$ ) от показателя текучести ( $I_L$ ), имеющие поданным Н.Иким, следующий вид:

a) для глин верхней толщи  $\varphi_{md} = 8,6/(1+I_L)^{3,2}$ ;  $C_{md} = 58/(1+I_L)^{2,6}$ ;

b) для глин коренной толщи  $\varphi_{md} = 8,7/(1+I_L)^{3,4}$ ;  $C_{md} = 76/(1+I_L)^{2,2}$ .

Попытка установления связи между сопротивляемостью сдвигу и плотностью сухого грунта выявила факт, не соответствующий физическим представлениям о природе прочности грунтов: коэффициент корреляции получился равным (-0,21). Это можно объяснить в первую очередь наличием в испытуемых образцах микрзон ослабления, перекрывающих влияние влажности и плотности на сопротивление сдвигу и обуславливающих большой разброс опытных данных для образцов естественного сложения.

Несомненно, что в природе поверхности оползневого смещения приурочены к определенным глубинам, где существовали или существуют условия, необходимые для образования наклонных макро- и микрзон ослабления различного генезиса, а также сформированы условия изменения консистенции до  $I_L > 0,5$  за счет возможного дополнительного увлажнения по этим ослабленным зонам и изменения значений порового давления.

Зоны ослабления могут носить и региональный характер. В Молдове одна из таких зон проходит по контакту сильно выветрелых, комковатых, перемятых часто почти не сохранивших первичного сложения глинистых пород с подстилающими их горизонтально-слоистыми глинами.

Процессы снижения прочности грунтов в зоне оползневого смещения обусловлены многими факторами. Основные из них исследовались Т.А.Тимофеевой с использованием метода главных компонент с помощью алгоритма многомерной группировки выборки, составленного В.А.Медведевым [6].

Применительно к изучаемым грунтам региона была произведена оценка ковариационной матрицы и получена трехфакторная модель, главными компонентами которой являются следующие:

1. Фактор дискретности или структурной прочности, отражающий наличие естественных микрзон ослабления, то есть степень нарушения жестких связей, по существу определяющий диапазон разброса кратковременной (стандартной) пиковой прочности грунтов ( $S_p$ ). Особенно важен для жестких глин блоковых оползней.
2. Фактор остаточной прочности, отражающий предел длительной прочности, то есть предельную минимально возможную энергетическую прочность оползневых грунтов в зоне смещения при достижении склоном предельного уположения, практически одинаковую для различных литолого-гинетических типов глинистого грунта.
3. Фактор консистенции, отражающий влияние на прочность водно-коллоидных связей. Особенно важен для грунтов с  $I_L > 0$  при отсутствии в них естественных поверхностей ослабления.

С целью уточнения влияния на длительную прочность жестких структурных связей ( $C_c$ ) и водно-коллоидных связей связности ( $\sum_{wc}$ ) выполнялись длительные эксперименты по определению значений «порога ползучести» ( $\tau_{lim}$ ). Из-за наличия в глинистых грунтах Молдовы ослабленных зон определение этого важного критерия сильно затруднено.

После проведенной обработки опытных данных были получены зависимости угла внутреннего трения ( $\varphi_{lim}$ ) и сцепления ( $C_{lim}$ ), отвечающие «порогу ползучести» от консистенции, имеющие, по данным Н. Иким, соответственно, следующий вид:

$$\varphi_{lim} = 10,4/(1+I_L)^{4,3}; C_{lim}=73/(1+ I_L)^{2,9}$$

Для получения зависимости снижения прочности грунтов от времени была произведена обработка результатов имеющихся опытов на быстрый сдвиг и опытов «с постоянной скоростью деформирования». В частности, для грунтов верхней толщи зависимость  $C=f(t)$  имеет вид:  $C_1=96/(1+ t)^{0,05}$ , для коренной толщи:  $C_2=140/(1+ t)^{0,03}$ .

Угол внутреннего трения практически оставался постоянным и соответственно равным  $\varphi_1 = 12^\circ$ ,  $\varphi_2 = 14^\circ$ . Пример графической интерпретации опытов «с постоянной скоростью» представлены на рис. 1

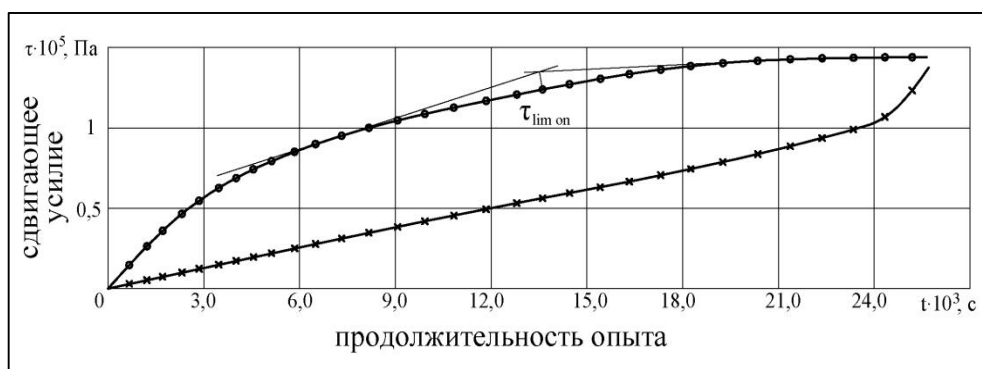


Рис.1. Характер пластического течения неогеновых глин покровного массива естественной структуры. Опыт "с постоянной скоростью"

### Выводы

Полученные зависимости могут быть использованы для предварительного выбора расчетных показателей, характеризующих прочность сарматских глин во времени.

Накопление данных по проблеме позволит сократить объемы разведочных работ и лабораторных испытаний и избежать досадных ошибок при назначении крутизны откосов искусственных сооружений и оценке устойчивости склонов приводящих, иногда, к катастрофическим последствиям, и сохранить ценные земельные ресурсы, отводящиеся под строительство.

### Литература

1. Timofeeva T.A., Polcanov V.N. On the long-term of natural and cutting slopes in Moldova // Труды межд. симп. по оползням. Июнь 1996г. TRONDHEIM; A.A. BALKEMA / ROTTERDAM / BROOKFIELD /1996.-P.1387-1390.
2. Полканов В.Н. Роль реологических процессов в развитии оползней на территории Молдовы. – Кишинэу, ТУМ, 2013. – 176 с.
3. Маслов Н.Н. Физико-техническая теория ползучести глинистых грунтов в практике строительства. – М.: СИ., 1984. – 176с.
4. Гольдштейн М.Н., Бабицкая С.С. Расчет устойчивости откоса с учетом ползучего сдвига / Вопросы геотехники. – М., 1964. – №7. – С.83-95.