

О СИСТЕМАТИЗАЦИИ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ПО ПАРАМЕТРУ ВЯЗКОСТИ

Фалалеев Г.Н

Институт геомеханики и освоения недр НАН КР

Проектирование, строительство и обеспечение безопасности эксплуатации сооружений невозможно без инженерно-геологической оценки грунтов, рассматриваемых в качестве оснований, среды и материалов для их возведения. Обязательной составляющей при этом является назначение расчетных характеристик физико-механических свойств грунтов. Для максимального использования результатов испытаний физико-механических свойств грунтов, выполняемых различными методами и организациями в разное время, необходимо анализировать функциональные и корреляционные зависимости и взаимосвязи между показателями различных свойств грунтов.

При инженерно-геологических исследованиях, определении номенклатуры глинистых грунтов, показателя консистенции, выделении инженерно-геологических элементов, а также при геотехническом контроле в процессе проведения строительных работ необходимо определять границы пластичности: границу текучести W_L и границу раскатывания W_P .

Методы определения границ W_L и W_P , предусмотренные ГОСТ 5180-84, включают определения границы текучести по влажности грунтовой пасты, при которой балансирный конус погружается под действием

собственного веса на глубину 10 мм, а границы раскатывания – по влажности, при которой паста, раскатываемая в жгут диаметром 3 мм, начинает распадаться на кусочки длиной 3 – 10 мм.

Таким образом, для определения границы текучести используется инструментальный способ погружения стандартного балансирного конуса с углом при вершине 30° и массой 76 г.

Методика определения границы раскатывания основывается на субъективном восприятии. Особенно большие расхождения в результатах опытов разных исполнителей наблюдаются при испытании пылеватых грунтов, для которых трудно получить жгут толщиной в 3 мм. W_p .

Границы пластичности характеризуются влажностями границ текучести и раскатывания. Оба показателя определяются, главным образом, минеральным составом и дисперсностью грунтов. Это обстоятельство дало М.А. Солодыхину [1] основание утверждать, что указанные характеристики должны быть взаимосвязаны. Для суглинков, глин и илов, развитых в районе Вунгтау (СРВ), он установил прямолинейную связь между влажностями границы текучести W_L и раскатывания W_p , которая аппроксимируется единой формулой

$$W_p = 0,41W_L + 0,04. \quad (1)$$

Отсюда легко получить

$$I_p = W_L - W_p = 0,53W_L - 0,04, \quad (2)$$

где I_p – число пластичности.

Для грунтов иного минерального состава зависимость влажности границы раскатывания от влажности границ текучести будет иной.

Исходя из зависимостей (1) и (2), глинистые грунты можно классифицировать по влажностям границ текучести и раскатывания, а не только по числу пластичности (таблица 1). Это позволяет наиболее объективно определять границы текучести, а затем вычислять другие показатели пластичности.

Нами предложена своя зависимость на основании обработки собственного многолетнего экспериментального материала и данных литературных источников по изучению физико-механических свойств глинистых грунтов. Были приведены значения влажности границ раскатывания и текучести числа пластичности глинистых грунтов разных по возрасту, происхождению и гранулометрическому составу, преимущественно гидрослюдистых, взятых в различных регионах СНГ и Средней Азии. Данные получены экспериментально и вычислены по формуле (3).

$$I_p = W_L - W_P = 0,636 W_L - 8,743 \quad (3)$$

коэффициент корреляции $R = 0,989$.

На рисунке 1 представлен график этой зависимости.

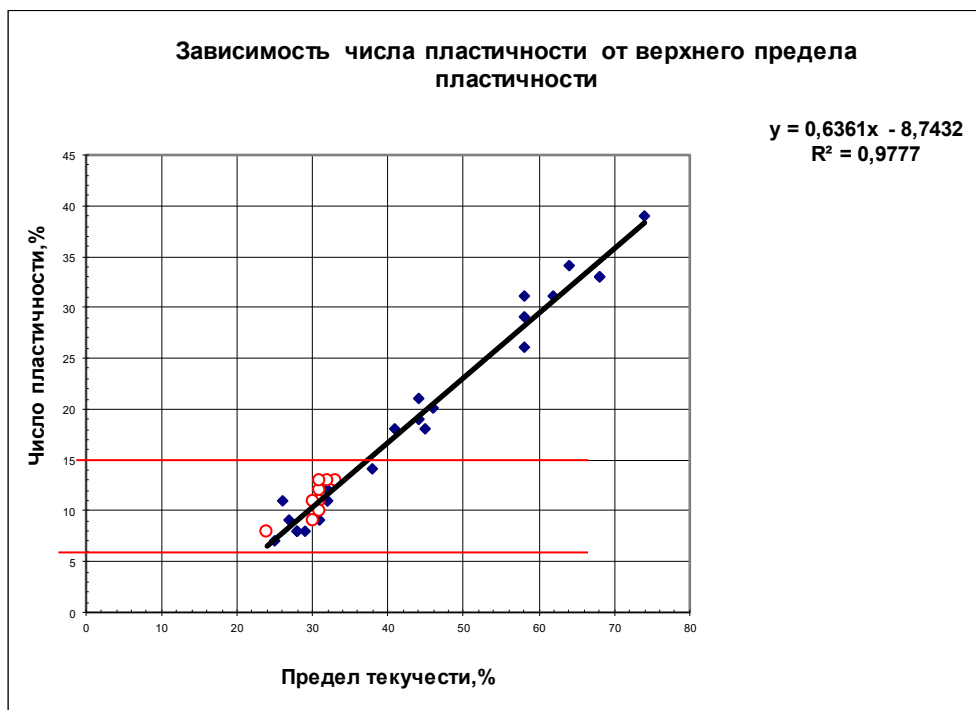


Рис. 1 -Зависимость числа пластичности глинистых грунтов от верхнего предела пластичности.

Основной задачей экспериментальных исследований являлось выявление влияния влажности на величину реологических свойств

глинистых грунтов, в частности на коэффициент вязкости на стадии установившейся ползучести. Такая постановка вопроса обусловлена тем, что смещение оползневых масс в условиях длительной ползучести происходит в покровных суглинках, имеющих консистенцию от полутвердой до текучей. По данным Н.Н. Маслова /2/ диапазон вязкости меняется соответственно от 10^{14} Па.с. до 10^6 Па.с,

Как показали проведенные испытания, величина и длительность деформаций ползучести при сдвиге зависят от величины сдвигающей нагрузки, а также от физического состояния грунта (плотности-влажности). Так как испытания на ползучесть образцов глинистого грунта проводились при 3 значениях влажности, построить зависимость вязкости от влажности не удалось. Однако можно оценить соответствие наших данных по вязкости с данными, приведенными на универсальной зависимости «вязкость- влажность» по литературным данным /3, 4/.

Видно, что наши данные удовлетворительно ложатся на аппроксимирующую прямую в заданном диапазоне влажности. Уравнение корреляционной связи /3/ имеет вид:

$$\ln \eta = \frac{80 - W}{5} . \quad (4)$$

Близкую к этой зависимость вязкости от влажности получена в работе А.Н. Могилко и В.И. Комлева /4/.

Авторы [4] показали, что для глинистых грунтов Сулюктинского месторождения она имеет вид:

$$\ln \eta = \frac{110 - W}{8} \quad (5)$$

Обе зависимости близко сходятся в диапазоне влажности 16-30%, что характерно для оползневого склона (рисунок 2).

Успехи научной работы во многом определяются методом их выполнения. Многие известные мыслители, философы, ученые прошлых столетий и нашей современности уделяли и уделяют большое внимание обобщению, разработке и систематизации методов познания. Среди таких методов можно выделить систематизацию и классификацию. Нужно четко разграничивать эти два понятия. Прежде всего классификация уже, чем систематизация, так как является частью последней.

Классификация, как одна из форм мыслительной деятельности, представляет собой законченную конструкцию и задача исследователя - соотнести то или иное свойство объекта с определенным классом или видом. Систематизация же может постоянно меняться и совершенствоваться. Систематизируемые объекты постоянно сравниваются между собой, что составляет отличие систематизации от классификации. Исходя из этого, любая систематизация должна проводиться по каким-то определенным признакам или принципам.

В нашем случае таким признаком принято число пластичности, которое соответствует тому или иному типу грунта. Исходя из установленной корреляционной связи между числом пластичности и верхним пределом пластичности (рисунок.1) была проведена систематизация глинистых грунтов по параметру вязкости. Выделенные диапазоны значений вязкости на границе текучести не превышали 2 порядков, что можно считать достаточно приемлемым для использования этих данных в предварительных инженерных расчетах (таблица 2). Выбор значения вязкости на границе текучести обусловлен тем, что именно при влажности, близкой к границе текучести, происходят процессы вязкопластического течения грунта, а следовательно и оползнеобразования.

Значения вязкости определялись по усредненной зависимости, приведенной на рисунке 2 и имевшей вид.

$$\eta = 14,88 - 0,162 W_v \quad (6)$$

Графически эта зависимость представлена на рисунке 2 и продлена до значения влажности 60%

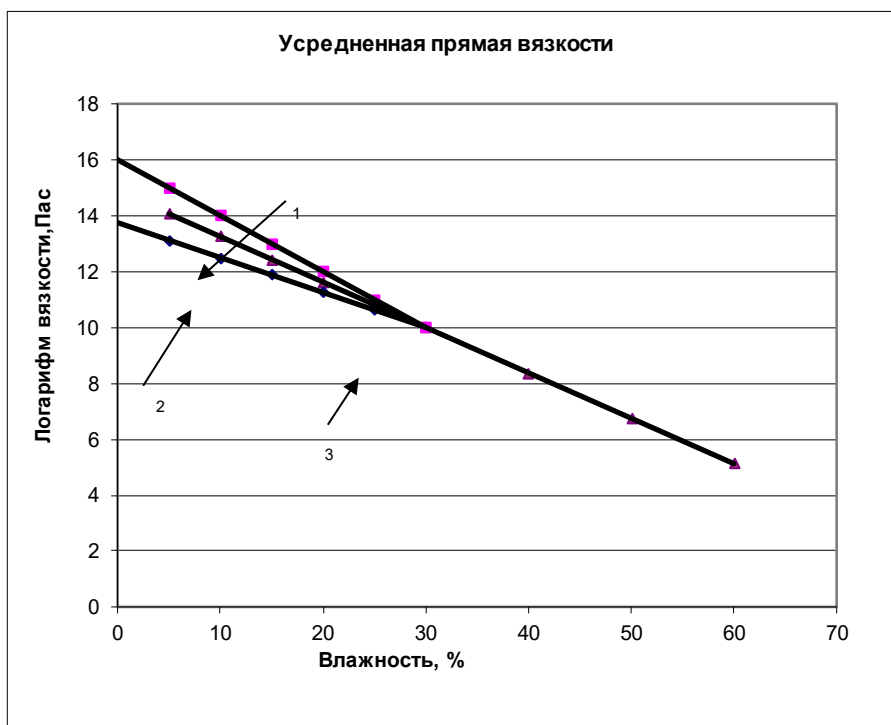


Рис. 2. -Зависимости логарифма вязкости глинистых грунтов от влажности: 1-по уравнению (4); 2-по уравнению (5) и 3- по уравнению (6)

Таблица 2.-Систематизация вязкости глинистых грунтов по числу пластичности и верхнему пределу пластичности

Тип грунта	Число пластичности	Влажность на границе текучести, %	Влажность на границе раскатывания, %	Вязкость на границе текучести, Па*с
Супесь	1-7	9-21	8-14	10^{14} - 10^{12}
Суглинок легкий пылеватый	7-12	21-30	14-18	10^{12} - 10^{10}
Суглинок тяжелый пылеватый	12-17	30-40	18-23	10^{10} - 10^8
Глина	Больше 17	Больше 40	Больше 23	Меньше 10^8

Н.Н. Маслов /2/ приводит свою приближенную систематизацию динамической вязкости грунтов по показателю консистенции.

Таблица 3.-Систематизация вязкости глинистых грунтов по показателю консистенции

Консистенция грунта	Показатель консистенции	Вязкость, Па*с
Текучепластичная	0,75-1,00	Меньше (10^9 - 10^{10})
Мягкопластичная	0,50-0,75	(10^{10} - 10^{11})
Пластичная	-	(10^{11} - 10^{12})
Тугопластичная	0,25-0,50	(10^{12} - 10^{13})
Полутвердая	0-0,25	(10^{13} - 10^{14})
Твердая	Меньше 0	Больше (10^{14} - 10^{15})

В этой таблице хотя и диапазоны вязкостей в пределах 1 порядка, но непонятно с какими типами грунтов они соотнесены.

В качестве примера сравним данные по вязкости, полученные в работе К.Болей и Л.А.Строковой /5/, с расчетом по 2 систематизациям.(таблицы 2 и 3)

Данные по физико-механическим свойствам глины /5/ следующие:

Влажность, %	Верхний предел пластичности, %	Нижний предел пластичности, %	Число пластичности, %	Показатель консистенции, д.ед.
1	2	3	4	5
43	68	20	48	0,51

По нашей систематизации вязкость глины при верхнем пределе пластичности, равном 68%, что больше 40 %, лежит в диапазоне 10^8 Па*с и меньше.

По систематизации Н.Н.Маслова /2/ при показателе консистенции 0,51, что соответствует пластичной и мягкопластичной консистенции, вязкость заключена в диапазоне 10^{12} - 10^{10} Па*с. Авторы же этой

работы /5/ приводят экспериментальные значения вязкости, не превышающие диапазон $10^7 - 10^8$ Па*с, что реально соответствует нашим расчетным данным с точностью до порядка.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных экспериментальных исследований по определению реологических свойств глинистых грунтов при сдвиге установлено следующее:

1. Установленные корреляционные связи числа пластичности с влажностью на границе текучести позволяют избежать определения влажности границы раскатывания, как способа весьма субъективного и зависящего от квалификации исполнителей.
2. Предложенная систематизация глинистых пород по вязкости при различных диапазонах влажности на границе текучести позволяет использовать параметр вязкости для предварительных расчетов смещений грунта на горных склонах. Для более точных и ответственных расчетов необходимы прямые методы определения вязкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солодухин Н.А. Инженерно-геологические изыскания для промышленного и гражданского строительства.- М.: Недра, 1985.
2. Маслов Н.Н. Физико-техническая теория ползучести глинистых грунтов в практике строительства.- М.: Стройиздат, 1984, стр. 42.
3. Шадунц К.Ш. Оползни-потоки.- М.: Недра, 1983, стр. 80-82.
4. Могилко А.Н., В.И. Комлев. Оползни в районах угольных месторождений Средней Азии. // Геологические закономерности и взаимообусловленность развития оползней, обвалов и селевых потоков. Материалы симпозиума, г. Душанбе, 1975, стр. 119-125.
5. Болей К., Л.А. Строкова. Определение характеристик ползучести глинистых грунтов. // Труды Томского политехнического университета. 2007, т. 310, №2, с. 42-44.