

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛАСТИЧНОСТИ
ФЛЮВИОГЛЯЦИАЛЬНЫХ ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
НА ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖА

А. Э. Курилович

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 27 января 2014 г.

Аннотация: оптимизация комплекса лабораторных исследований при проведении инженерно-геологических изысканий возможна на основании использования фондовых материалов для конкретных территорий. Установление корреляционных зависимостей между показателями пластичности глинистых грунтов может существенно снизить трудоемкость и повысить информативность лабораторных исследований.

Ключевые слова: инженерно-геологические изыскания, глинистый грунт, флювиогляциальные отложения, влажность на границе текучести, влажность на границе раскатывания, верхний и нижний пределы пластичности, число пластичности, номенклатурное наименование грунта, инженерно-геологический элемент, физические свойства грунта, физико-механические свойства грунта, нормативные и расчетные значения.

Abstract: using library materials for specific areas helps to optimize complex of laboratory tests for engineering and geological surveys. Establishing and using correlation between plasticity ductility indices of clayey soils can substantially reduce labor costs and improve information of laboratory studies.

Key words: engineering geological survey, clayey soil, drift deposit, liquid limit, plastic limit, upper and lower plastic limit, plasticity index, range of soil, geotechnical element, physical properties of the soil, physical and mechanical properties of the soil, normative and calculated values.

Как известно, обеспечение устойчивости проектируемых, строящихся и эксплуатируемых инженерных сооружений базируется на детальном изучении инженерно-геологических условий конкретных территорий, выполняемом в процессе инженерно-геологических изысканий. В настоящее время, с одной стороны, прослеживается тенденция к усложнению применяемых методик и повышению уровня требований действующих нормативных документов в области изысканий, что обусловлено сложностью конструктивных решений, используемых при проектировании объектов капитального строительства. С другой стороны, в условиях рыночной экономики неизбежно встает вопрос о необходимости уменьшения сроков выполнения и, соответственно, стоимости изыскательских работ при сохранении их информативности. На наш взгляд, это может осуществляться либо путем получения дополнительной информации из результатов некоторых стандартно выполняемых видов работ [1], либо путем регионального обобщения материалов изысканий, проведенных на терри-

тории крупных населенных пунктов и промышленных объектов в предыдущее время.

В практике изысканий определение числа пластичности (I_p), по которому, согласно Межгосударственному стандарту ГОСТ 25100-2011 [2], устанавливается номенклатурное наименование глинистого грунта, проводится в соответствии с требованиями Государственного стандарта СССР ГОСТ 5180-84 [3]. Для этого путем проведения самостоятельных лабораторных анализов для каждой пробы определяют значение влажности на границе текучести, или верхнего предела пластичности (W_l), и влажности на границе раскатывания, или нижнего предела пластичности (W_p). Число пластичности представляет собой разницу между этими значениями. Установление наличия и оценка корреляционной зависимости между этими парными показателями, несомненно, должны представлять практический интерес. Мерой зависимости между данными величинами является коэффициент корреляции (r) [4; 5].

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{cp})(Y_i - Y_{cp})}{nS_x S_y}$$

где $X_i, Y_i, X_{cp}, Y_{cp}, S_x, S_y$ – наблюдаемые, средние значения и среднеквадратические отклонения показателей X и Y , n – число парных определений этих показателей.

При наличии прямой функциональной зависимости $r = 1$, при $r = 1-0,9$ корреляционная связь весьма тесная, при $r = 0,9-0,7$ связь является тесной, при $r = 0,7-0,5$ связь является слабой, при $r < 0,5$ корреляции нет.

Поиск корреляционной зависимости между показателями пластичности проведен для субаэральных нижнеплейстоценовых глинистых отложений Воронежской флювиогляциальной гряды, широко развитых на территории Центрального и Северного районов г. Воронежа. Для этого были использованы следующие материалы инженерно-геологических изысканий, выполненных в г. Воронеже в различные годы:

1. Отчет об инженерно-геологических изысканиях для обоснования проектирования жилого дома по ул. Карпинского в г. Воронеже. Стадия РП (рабочий проект). НИИ Геологии при ВГУ, 2006 г.

2. Отчет об инженерно-геологических изысканиях для обоснования строительства библиотеки и общежития по ул. Хользунова в г. Воронеже. Стадия РД (рабочая документация). НИИ Геологии при ВГУ, 2007 г.

3. Отчет об инженерно-геологических изысканиях для обоснования строительства 16/17-этажного жилого дома по ул. Среднемосковской, 62 в г. Воронеже. Стадия РП. НИИ Геологии при ВГУ, 2008 г.

4. Отчет об инженерно-геологических изысканиях для обоснования рабочего проекта строительства жилого комплекса по ул. Ворошилова, 43 в г. Воронеже. Стадия РП. ООО «АКМА-УНИВЕРСАЛ», 2010 г.

5. Отчет об инженерно-геологических изысканиях для обоснования проектирования жилого комплекса по ул. Беговой в г. Воронеже. Стадия РП. ООО «АКМА-УНИВЕРСАЛ», 2012 г.

Все участки изысканий находятся в пределах одного геоморфологического элемента, абсолютные отметки поверхности изменяются от 141,0 до 161,0 м. Геологическое строение является весьма выдержанным и до глубины 20–25 м характеризуется развитием нижнеплейстоценовых песчано-глинистых образований Воронежской флювиогляциальной гряды. Глинистые грунты, как правило суглинки, реже – супеси, зафиксированы в верхней части разреза и в виде прослоев в песках мощностью от первых десятков сантиметров до нескольких метров. Консистенция суглинков изменяется от твердой до мягкопластичной, супесей – от твердой до пластичной. Подземные воды залегают на глубине более 25 м, в

отдельных местах возможно присутствие маломощной сезонной или техногенной «верховодки» на глинистых прослоях.

Из общей совокупности результатов лабораторного определения значений влажности на границе текучести и раскатывания глинистых грунтов была сформирована выборка. Ее длина, т.е. общее количество парных значений, составила 193 пробы. В нее не были включены пробы, отбракованные при проведении статистической обработки в процессе изысканий.

Анализ исходного материала был начат с графической обработки лабораторных данных. Построена точечная корреляционная диаграмма (рис. 1). Значение коэффициента корреляции (r) составило 0,95, значение достоверности аппроксимации данных по методу наименьших квадратов – 0,9. Таким образом, для исследуемых грунтов было установлено наличие прямой, весьма тесной корреляционной зависимости между верхним и нижним пределами пластичности. На диаграмму была выведена линия тренда, уравнение линейной регрессии выглядит следующим образом:

$$Wp = 0,6481WL - 0,633.$$

Для проверки возможности расчета значений влажности на границе раскатывания по влажности на границе текучести были использованы материалы изысканий стадии РП, выполненных ООО «АКМА-УНИВЕРСАЛ» в 2011 г. для обоснования проектирования комплекса жилых домов по пер. Здоровья в г. Воронеже. Данный участок характеризуется аналогичными геоморфологическими, геологическими и прочими условиями. Абсолютные отметки поверхности изменяются от 140,40 до 147,70 м. В период изысканий пробурено 52 скважины глубиной 23 м каждая. В преимущественно песчаных флювиогляциальных образованиях было установлено присутствие четырех инженерно-геологических элементов, представленных глинистыми отложениями – супесей твердых, суглинков твердых, полутвердых и тугопластичных. По результатам лабораторного определения верхнего и нижнего пределов пластичности была составлена контрольная выборка в количестве 33 проб. Пробы, отбракованные при проведении статистической обработки в процессе изысканий, в выборку не включались. Для каждой пробы проведен расчет частного значения влажности на границе раскатывания по значению влажности на границе текучести. Полученные значения сравнивались с результатами прямых лабораторных определений. Исходные и рассчитанные данные сведены в таблицу.



Рис. 1. Корреляционная диаграмма для генеральной выборки



Рис. 2. Корреляционная диаграмма для контрольной выборки

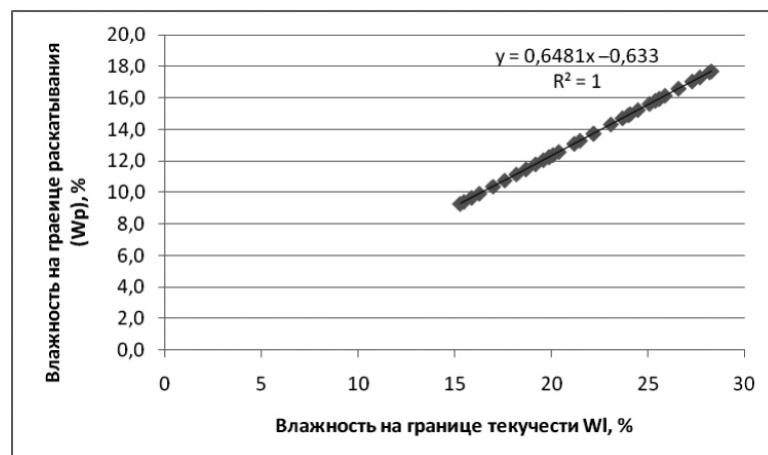


Рис. 3. Результаты расчета частных значений влажности на границе раскатывания для контрольной выборки

Таблица

Сравнение рассчитанных значений влажности на границе раскатывания с результатами прямых лабораторных определений

№ п/п	Лабораторные данные			Рассчитанные данные		
	Wl, %	Wp, %	Ip, %	Wp, %	Абс. погрешность, %	Ip, %
1	28,3	15,5	12,8	17,7	-2,2	10,6
2	25,4	15,7	9,7	15,8	-0,1	9,6
3	24,1	14,7	9,4	15,0	-0,3	9,1
4	19,9	11,5	8,4	12,3	-0,8	7,6
5	20,1	12,5	7,6	12,4	0,1	7,7
6	16,3	11,2	5,1	9,9	1,3	6,4
7	15,3	12,0	3,3	9,3	2,7	6,0
8	19,9	11,9	8,0	12,3	-0,4	7,6
9	19,2	11,0	8,2	11,8	-0,8	7,4
10	15,9	11,1	4,8	9,7	1,4	6,2
11	21,2	14,5	6,7	13,1	1,4	8,1
12	17,0	11,8	5,2	10,4	1,4	6,6
13	15,5	12,6	2,9	9,4	3,2	6,1
14	22,2	12,2	10,0	13,8	-1,6	8,4
15	17,6	10,2	7,4	10,8	-0,6	6,8
16	25,6	15,8	9,8	16,0	-0,2	9,6
17	26,6	14,7	11,9	16,6	-1,9	10,0
18	28,2	16,1	12,1	17,6	-1,5	10,6
19	24,5	13,8	10,7	15,2	-1,4	9,3
20	20,4	13,3	7,1	12,6	0,7	7,8
21	22,2	13,1	9,1	13,8	-0,7	8,4
22	24,0	14,5	9,5	14,9	-0,4	9,1
23	21,5	12,5	9,0	13,3	-0,8	8,2
24	25,9	14,3	11,6	16,2	-1,9	9,7
25	19,6	12,3	7,3	12,1	0,2	7,5
26	23,1	13,9	9,2	14,3	-0,4	8,8
27	25,1	15,3	9,8	15,6	-0,3	9,5
28	23,7	14,6	9,1	14,7	-0,1	9,0
29	27,3	17,5	9,8	17,1	0,4	10,2
30	18,2	12,2	6,0	11,2	1,0	7,0
31	27,7	17,2	10,5	17,3	-0,1	10,4
32	18,7	12,4	6,3	11,5	0,9	7,2
33	25,6	13,1	12,5	16,0	-2,9	9,6
Минимальное значение	15,3	10,2	2,9	9,3	-2,9	6,0
Максимальное значение	28,3	17,5	12,8	17,7	3,2	10,6
Среднее значение	22,0	13,5	8,5	13,6	-0,1	8,4

Графическая иллюстрация результатов обработки данных по контрольной выборке приведена на рис. 2,3.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что средние (нормативные) значения влажности на границе раскатывания и числа пластичности, полученные расчетным и лабораторным способами, практически идентичны. Разница между ними составляет 0,1 %. Различие между частными значениями, определенными таким же образом, как правило, невелико. Лишь в единичных случаях абсолютная погрешность достигает 2–3 %. С учетом того, что, согласно требованиям приложения 3 ГОСТ 5180-84 [3], допустимая разница между результатами двух параллельных определений влажности на границе раскатывания составляет 2 %, можно сказать, что использование данного уравнения регрессии позволяет установить частное значение нижнего предела пластичности достаточно точно. Однако необходимо обратить внимание, что максимальное различие частных значений нижнего предела, определенных лабораторным и расчетным способом, и, соответственно, числа пластичности характерно как для супесей с низким, так и для суглинков с достаточно высоким числом пластичности, т.е. грунтов, максимально отличающихся от средних значений по показателям пластичности. Тем не менее номенклатурное наименование грунтов, определяемое согласно ГОСТ 25100-2011 [2] по значениям числа пластичности, для большинства образцов практически совпадает.

Таким образом, по результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Оптимизация комплекса лабораторных исследований свойств грунтов, выполняемых в процессе инженерно-геологических изысканий, должна проводиться на основе регионального обобщения фоновых материалов предыдущих исследований. При

этом для территории крупных населенных пунктов, достаточно хорошо изученной в инженерно-геологическом отношении, должны устанавливаться корреляционные зависимости между показателями физических, физико-химических и физико-механических свойств различных грунтов и составляться местные таблицы их нормативных значений.

2. Методологической основой таких обобщений, несомненно, должен являться генетический подход. Они должны проводиться для конкретных генетических типов грунтов, отличающихся аналогичным строением, состоянием, и, следовательно, инженерно-геологическими свойствами.

3. Работу по оценке взаимосвязи показателей пластичности флювиогляциальных глинистых грунтов на территории г. Воронежа целесообразно продолжить. В частности, необходимо провести поиск корреляционных зависимостей между ними отдельно для супесей, суглинков и, возможно, легких глин. Критерием отбора парных показателей пластичности при формировании выборок могут служить характерные значения влажности на границе текучести.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курилович А. Э. К вопросу об определении физических свойств песчаных грунтов по данным статического зондирования / А. Э. Курилович // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2013. – № 2. – С. 184–187.
2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – М.: Госстрой РФ, 2013.
3. Государственный стандарт СССР ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – М.: Госстрой СССР, 1984.
4. Сергеев Е. М. Грунтоведение / Е. М. Сергеев. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 398 с.
5. Дмитриев В. В. Методы и качество лабораторного изучения грунтов / В. В. Дмитриев, Л. А. Ярг. – М.: КДУ, 2008. – 542 с.

Воронежский государственный университет
Курилович А. Э., доцент кафедры гидрогеологии,
инженерной геологии и геоэкологии
E-mail: alkurae@mail.ru
Тел.: 8 (473) 220-89-80

Voronezh State University
Kurilovich A. E., Associate Professor of Hydrogeology,
Engineering Geology and Geoecology Department
E-mail: alkurae@mail.ru
Тел.: 8 (473) 220-89-80