

## **О показателях влажности и скоростях распространения упругих волн в глинистых грунтах**

**Пиоро Е.В., Ошкин А.Н., Тырина Т.С.**

МГУ имени М.В.Ломоносова, ООО «ПЕТРОМОДЕЛИНГ ЛАБ»

### **Аннотация**

Изучение распространения скоростей упругих волн в глинистых грунтах до настоящего времени остается актуальной задачей. Основной целью наших исследований стало изучение изменения скоростей упругих волн при различной влажности глинистых грунтов.

### **Ключевые слова**

Влажность, скорости упругих волн, глинистые грунты

### **Введение**

Жидкий компонент – важнейшая составная часть глинистых грунтов. Хотя в большинстве случаев он представлен водными растворами электролитов, на практике часто говорят о «воде» в грунтах. Благодаря своей высокой подвижности и физико-химической активности вода занимает пустотное пространство грунта (трещины, поры) и взаимодействует с поверхностью твердых частиц. В зависимости от количества содержащейся влаги в грунте меняются его физические и динамические свойства, в том числе скорости упругих волн.

Экспериментальных исследований по изучению зависимостей скоростей упругих волн от количества содержащейся в грунтах влаги до настоящего времени проводилось немного, в то время как различные виды воды в грунте определяют состояние, тип структурных связей и свойства грунтов. Наиболее изучено влияние свободной воды. В формировании свойств песков главную роль играет именно свободная вода, в глинах – связанная и переходного вида, в суглинках и супесях большое значение имеют все виды влаги. В зависимости от количества влаги и ее видов в грунте могут иметь место пороговые значения влажности, при переходе через которые сейсмические свойства скачкообразно меняются. В геофизической литературе встречается упоминание о «парадоксальном интервале» влажности, в котором скорости продольных волн минимальны.

В качестве объектов исследования были взяты модельные и природные грунты. Модельные глинистые грунты формировались из перемолотого моренного суглинка (gIdns), отобранного на территории г. Москвы с добавлением среднеспесчаной фракции флювиогляциального песка в соотношении 0, 10, 25, 35 % по массе. Таким образом, были получены четыре различных по дисперсности модельных грунта (M1, M2, M3, M4 соответственно), которые соответствовали суглинка твердым и полутвердым (M1 и M2) и супесям твердым (M3 и M4) (по

ГОСТ 25100-95). Грунты формовались при различной влажности и нагрузке уплотнения. Плотность модельных глинистых грунтов менялась от 2,00 до 2,25 г/см<sup>3</sup>, влажность от 4 до 15%.

### Методика исследований

Исследования природных глинистых грунтов проводились на образцах суглинков донской морены ненарушенного сложения, имеющих незначительную усадку и смешанный характер структурных связей (типы контактов коагуляционные, точечные и цементационные). Плотность менялась от 1,97 до 2,21 г/см<sup>3</sup>, влажность от 3 до 21%. Измерения скоростей упругих волн проводились каждые сутки по мере дегидратации образцов. Все ультразвуковые исследования грунтов проводились с помощью дефектоскопа и датчиков поршневого типа (рис.1).



Рис.1. Внешний вид: а) дефектоскопа; б) датчиков поршневого типа (100 КГц); в) датчиков сдвиговых колебаний (100КГц)

Определялись следующие влажностные показатели: весовая и объемная влажности, степень влажности, показатель текучести (консистенции).

### Обсуждение результатов

По результатам измерений скорости продольных волн ( $V_p$ ) модельных глинистых грунтов менялись от 700 до 2000 м/с; скорости поперечных волн  $V_s$  от 200 до 600 м/с, а отношение  $V_s/V_p$  от 0,2 до 0,6. Скорости продольных  $V_p$  волн природных образцов менялись от 900 до 2000 м/с, поперечных  $V_s$  – от 200 до 1000 м/с, отношение  $V_s/V_p$  находилось в пределах  $0,2 \div 0,6$ .

Было выявлено, что характер изменения величин скоростей у природных глинистых грунтов с ростом влажности различен. Так, значения  $V_s$  (рис.1) и  $V_s/V_p$  уменьшаются с увеличением влажности, а величина  $V_p$  уменьшается до

некоторого значения влажности, затем в некотором интервале остается примерно постоянной, после чего вновь возрастает (рис.2). Всего было исследовано 20 образцов природных грунтов, и для всех точка перегиба на графике (при которой скорость начинает снова возрастать) находится при влажности, близкой к  $W_{\text{ММВ}}$  (от 7 до 18%). По-видимому, описанная выше точка является концом «парадоксального интервала» влажности.

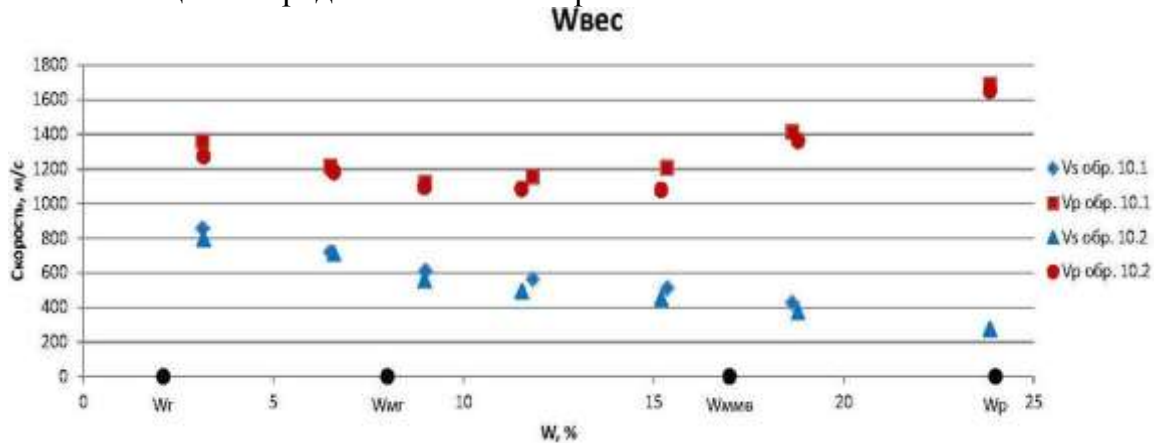


Рис. 2. Изменение скоростей упругих волн в зависимости от влажности природных грунтов

Неоднозначная зависимость изменения скоростей с ростом степени влажности природных образцов (рис. 3): скорости практически не меняются до значений 0,45-0,5, а потом наблюдается резкий рост скоростей продольных волн и снижение скоростей поперечных волн. Скорее всего, наличие точки перегиба на графике связано с превышением  $W_{\text{ММВ}}$ , ростом содержания воды переходного типа, изменением состояния от маловлажного к влажному.

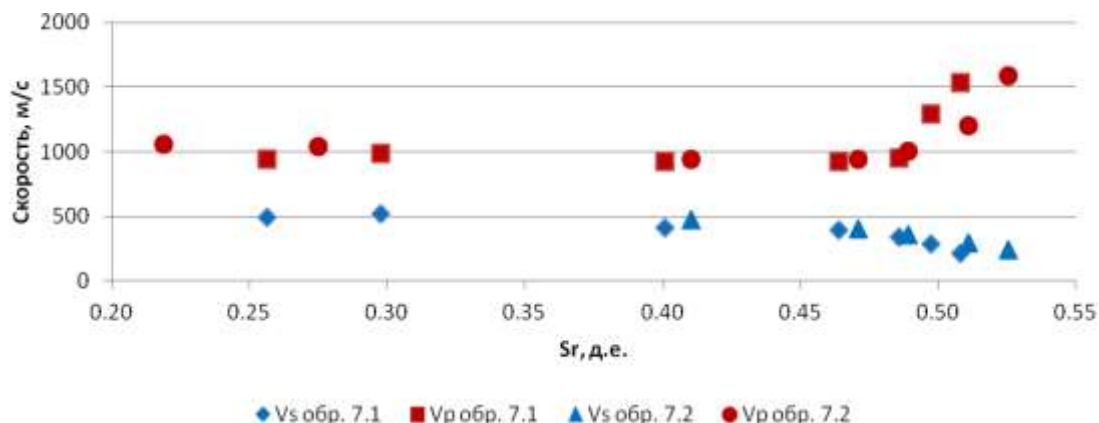


Рис. 3. Изменение скоростей упругих волн при различной степени влажности грунтов природных грунтов

Отношение скоростей  $V_s/V_p$  уменьшается с увеличением степени влажности.

Изменение весовой влажности природных образцов рассматривалось в интервале 3,5-25% (от  $W_r$  до  $W_p$ ). В связи с особенностями изготовления

модельных глинистых грунтов их весовая влажность менялась от 4 до 15%. Поэтому на графиках видны не все важные участки.

Как и в случае природных грунтов, для модельных аналогов наблюдается падение скорости поперечных волн и отношения скоростей при повышении весовой влажности (рис. 4). Причем для всех модельных грунтов изменение отношения скоростей от влажности описывается линейным уравнением связи  $V_s/V_p = -0,025W + 0,51$ , с коэффициентом достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,75$ .

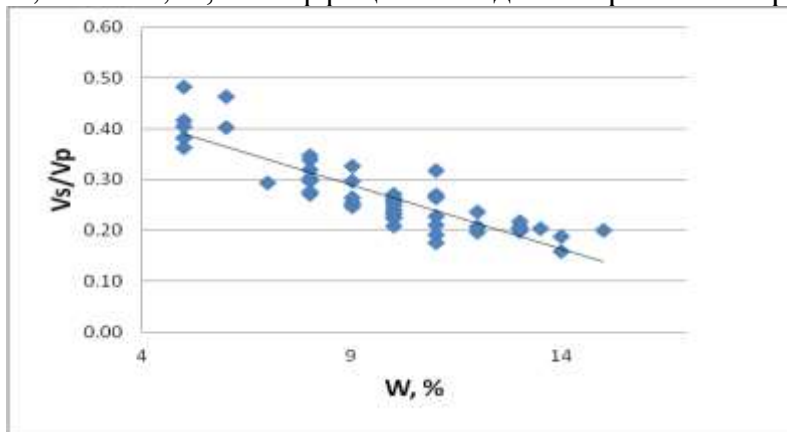


Рис. 4. Взаимосвязь отношения скоростей упругих волн и влажности модельных грунтов

Поведение скоростей продольных волн неоднозначно, возможно это связано с тем, что изменения влажности происходили в небольшом диапазоне (рис. 5). Однако, для образцов М1, М3, М4 прослеживается та же закономерность, что и для природных разностей: величина  $V_p$  уменьшается до некоторого значения влажности, затем в некотором интервале остается примерно постоянной, после чего вновь возрастает. Значение влажности в точке экстремума близка  $W_{MMB}$ .

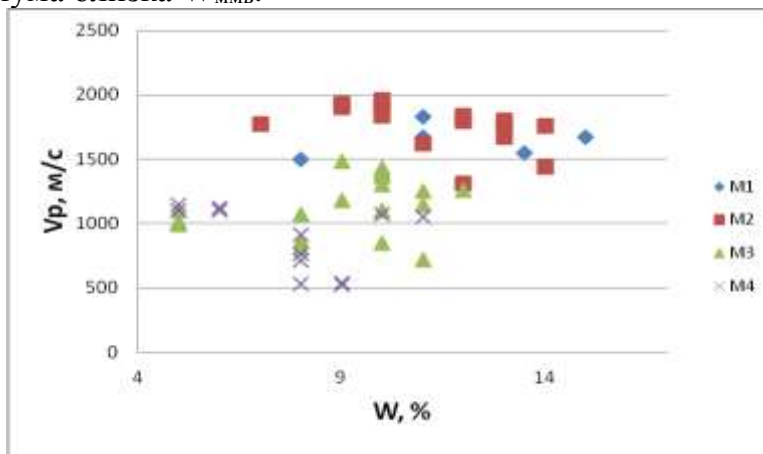


Рис. 5. Соотношения скорости продольных волн и влажности модельных грунтов

Изменение скоростей продольных волн с ростом степени влажности для модельных грунтов несколько отличается от природных разностей. Ожидаемый резкий рост скоростей при значении степени влажности 0,45-0,5 наблюдается не

езде. Скорее всего, эти различия связаны с влиянием типов структурных связей в модельных и природных грунтах.

Скорости поперечных волн имеют тенденцию к снижению при достижении степени влажности 0,45-0,5.

Отношение скоростей продольных и поперечных волн убывает на всем интервале изменения степени влажности.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Изменение количества и категорий воды в грунтах сложным образом влияют на скорости распространения упругих волн, вызывая суммирование различно действующих физико-химических и механических эффектов.

2. Существует интервал влажности, в котором наблюдается снижение скоростей продольных волн, в литературе он назван «парадоксальным интервалом» влажности. Его граничные значения возрастают с ростом дисперсности грунта и примерно совпадают с характеристическими влажностями: максимальной гигроскопической и максимальной молекулярной влагоемкостью.

3. Скорости поперечных волн и отношение  $V_s/V_p$  убывают во всем исследуемом диапазоне влажностей.

4. Характер изменения скоростей с ростом степени влажности природных образцов неоднозначен: скорости практически не меняются до значений  $S_r=0,45-0,5$ , а потом наблюдаются рост скоростей продольных волн и снижение скоростей поперечных волн. Для модельных глинистых грунтов эти тенденции не такие явные. Этот факт подчеркивает влияние типа структурных связей в грунтах.

**Итоговая версия опубликована:** Труды VIII научно-практической конференции молодых специалистов «Инженерные изыскания в строительстве». М.:ПНИИИС, 2012. С. 169-172.