

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ФГБУН

Институт геоэкологии им. Е.М.Сергеева (ИГЭ РАН)

Академик  /В.И.Осипов/

 30 сентября 2014 г.

## ОТЗЫВ

### ведущей организации

на диссертацию Е.В.Пиоро «Деформационные и акустические свойства глинистых грунтов по результатам лабораторных инженерно-геологических и ультразвуковых исследований», представленной на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.08 – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Глинистые грунты – наиболее сложные минеральные образования среди дисперсных пород, их свойства зависят от многих факторов, которые изменяются под воздействием внешней и внутренней среды, в том числе при различных видах воды (связной, диффузной, капиллярной, гравитационной и др.). Глинистые грунты широко распространены, служат основаниями зданий и сооружений, в связи с чем при проектировании и строительстве требуется определение их деформационных характеристик. Существующие виды испытаний глинистых грунтов при определении их деформационных свойств (лабораторные и полевые) обладают как преимуществами, так и недостатками, как правило, трудоёмки и продолжительны. Поэтому привлечение для этих целей сейсмоакустических методов, в данном случае ультразвуковых, характеризующихся оперативностью и дешевизной, является актуальным в научном и практическом отношении. Работы в этом направлении немногочисленны, и всякое новое исследование по этой теме представляется важным. Именно этому посвящена диссертация Е.В.Пиоро.

Диссертация состоит из 4 глав, введения, основных выводов и списка литературы из 154 наименований, а также из 14 приложений. Главы и приложения содержат рисунки и таблицы, обосновывающие полученные результаты. На защиту вынесены три положения, которые раскрываются в соответствующих главах.

Во «Введении» указываются актуальность и цель работы, названы решаемые задачи, объекты исследований, вклад автора, научная новизна и защищаемые положения. Отметим, что формулировка цели работы («установление корреляционных зависимостей...») автором неоправданно сужена, поскольку, как будет показано далее, диссертация помимо установленных (или частично не установленных) корреляционных связей между показателями различных свойств глинистых грунтов содержит ряд новых положений и объяснений физических процессов, наблюдаемых в глинах под воздействием ряда внешних факторов или обусловленных их составом и состоянием.

В главе 1 «Современные представления о деформационных свойствах глинистых грунтов и лабораторные методы их изучения» приводятся общие представления о деформациях и обсуждаются особенности деформирования грунтов, в том числе глинистых. Анализируются результаты исследований глинистых грунтов выдающимися отечественными и зарубежными специалистами, начиная с первой половины прошлого столетия. Подчёркиваются существующие различия в оценке показателей деформирования по данным различных лабораторных и полевых методов, а также при разных режимах приложения нагрузок. Автор правильно замечает, что большинство методов и опытов при оценке показателей деформирования основаны на предположении о линейном деформировании, т.е. о выделении на графике зависимости величин деформации от величин приложенных напряжений прямолинейной или квазипрямолинейной части. И судить о показателях деформационных свойств вне диапазона приложенных нагрузок неправомерно. При обзоре различных сейсмических методов исследований глинистых грунтов автор останавливается на расчёте по скоростям продольных и поперечных волн модулей упругости по известным формулам теории упругости (для идеально упругих тел). К сожалению, в главе не упомянуты работы по оценке скоростей и модулей, основанных на моделях упруго-вязких пластических сред, что более подходит при исследовании глинистых грунтов пластичной и мягкопластичной консистенции волновыми методами. Правда, это направление, по-видимому, выходит за рамки поставленных диссертантом задач. Два мелких замечания: на стр.19 со ссылкой на М.П.Лысенко указывается, что в недренированных условиях прочность образцов выше, чем в дренированных, однако в большинстве случаев в практике наблюдается обратное явление; на стр.47 при ссылке на книгу Н.Н.Горяинова, Ф.М..Ляховицкого 1979 г допущена неточность («скорость продольных волн может изменяться от 200-300 м/с в спрессованном каолиновом порошке до 1000 м/с и более в высохших образцах...»), тогда как на рис.2 в той книге,

иллюстрирующем изменение скорости в процессе формирования структурных связей, минимальные значения  $V_p$  превышают 400 м/с.

В целом в главе 1 достаточно подробно изложены сведения как научного характера на процессы деформирования различных грунтов, так и опыт и результаты прошлых лет по применению с этой целью лабораторных инженерно-геологических и сейсмоакустических методов.

В главе 2 «Объекты и методика исследований» обосновывается выбор ряда природных глинистых грунтов и искусственно приготовленных с контролируемыми свойствами. Из природных грунтов были выбраны четвертичные моренные суглинки и юрские суглинки и глины на территории г. Москвы. Конечно, выбор природных глинистых грунтов далеко не исчерпывает существующих разновидностей. Да вряд ли возможно в одной работе охватить всё многообразие видов глинистых грунтов. Поэтому решение диссертанта ограничить число природных объектов изучения представляется оправданным. К тому же была поставлена задача изучить влияние различных факторов на изменение свойств искусственных образцов с контролируемыми свойствами в разновидностях от тяжёлых суглинков до лёгких песчанистых суглинков и супесей. В главе 2 подробно излагаются методика исследований и описание использованных приборов и оборудования. Обосновываются интервалы и режим приложенных нагрузок, при которых получают различные модули деформации (компрессионные, начальные, относительные, общие), а также предел прочности на сжатие. С помощью ультразвука путём сквозного прозвучивания получались скорости продольных и поперечных волн в образцах, по которым потом рассчитывались динамические модули упругости (так называемые «гуковские», т.е. по формулам для идеально упругих тел). Следует признать, что диссертантом использовались не все возможности исследований с помощью ультразвука, например, получение характеристик анизотропии и поглощения, что значительно дополнило бы объём полезной информации. Это направление можно было бы рекомендовать автору для проведения в будущем дальнейших исследований.

Глава 3 «Закономерности распространения упругих волн в образцах глинистых грунтов» содержит основные результаты проведённых диссертантом исследований. То, что скорости упругих волн в грунтах, в том числе глинистых, увеличиваются с ростом плотности, было установлено давно. Заслугой автора следует считать установление закономерности уменьшения скоростей с уменьшением дисперсности грунтов. Хотя из-за одновременного влияния других факторов (плотности, пористости, влажности) простых и

тесных связей не обнаружено, но тенденция уменьшения выражена достаточно чётко (это первое защищаемое положение). Второе важное направление – изучение влияния влажности на изменение скоростей продольных и поперечных волн. Установлены интервалы влажности, при которых скорости изменяются мало, затем уменьшаются с ростом влажности (за счёт ослабления структурных связей) и определены пределы высокой влажности, при которых скорости поперечных волн снижаются, а продольных – возрастают. Нечто подобное было установлено в своё время в лёссовидных суглинках. Заслуживает внимания физическое обоснование установленных закономерностей влиянием различных видов воды на различных этапах увлажнения (второе защищаемое положение).

Весьма интересным представляется подход автора к нахождению зависимости между скоростями S-волн и показателем прочности на одноосное сжатие ( $R_c$ ) глинистых грунтов. До Е.В.Пиоро такие зависимости устанавливались в основном для скальных и полускальных пород. Хотя зависимость скоростей упругих волн (особенно поперечных) от характера структурных связей для грунтов любой литологии считается общепринятым, именно для глинистых грунтов такая зависимость, насколько нам известно, установлена Е.В.Пиоро впервые. Значительный объём главы 3 посвящён установлению линейных и экспоненциальных корреляционных связей с различной теснотой, в том числе достаточно тесных, между показателями деформационных свойств глинистых грунтов (модулей общей, начальной, относительной деформации) с одной стороны и скоростями в основном поперечных волн – с другой. Приводятся также множественные корреляционные связи между показателями деформации по данным лабораторных испытаний и показателями состава, состояния и свойств природных суглинков. Ряд указанных и других уравнений связи между деформационными показателями глинистых грунтов с одной стороны и характеристиками упругих свойств, а также показателями их состава и состояния (например, числом пластичности, влажности и др.) – с другой имеют как практическое, так и теоретическое значение – объясняют некоторые физические процессы в грунтах при воздействии различных факторов.

В главе 4 «Сравнение показателей деформационных свойств глинистых грунтов, полученных лабораторными методами при механическом нагружении и по данным ультразвукового просвечивания» приводятся результаты ультразвуковых исследований (значения  $V_p$ ,  $V_s$ ,  $V_s/V_p$ ,  $E_d$ ,  $\mu_d$ ) на образцах модельных и природных грунтов (общее число измерений 142), что само по себе представляет ценную информацию. Основное результативное достоинство этой главы – установленные достаточно тесные

(коэффициенты корреляции  $0,71 \div 0,85$ ) связи между модулями деформации (начальными, общими) и динамическим модулем упругости. По-существу, глава 4 свидетельствует о реализации третьего, итогового, защищаемого положения.

В «Выводах» кратко перечисляются основные результаты выполненных исследований.

Высказанные по ходу рассмотрения диссертации замечания скорее объясняются большим разнообразием глинистых грунтов, которые в рамках одной работы вряд ли можно было охватить. И ограничение несколькими видами природных и искусственных глинистых грунтов, выбранных Е.В.Пиоро для исследований, представляется оправданным.

В заключение отзыва следует отметить следующее.

1. Диссертационная работа Е.В.Пиоро посвящена актуальной теме – оценке деформационных свойств наиболее сложной разновидности дисперсных грунтов, какими являются глинистые, с привлечением неразрушающих ультразвуковых исследований, отличающихся оперативностью и относительной простотой.
2. В научном плане новизна работы заключается в получении новых закономерностей в формировании свойств глинистых грунтов, в том числе акустических, и в установлении неизвестных до этого корреляционных связей между характеристиками их деформационных и упругих свойств.
3. Полученные Е.В.Пиоро корреляционные зависимости могут использоваться в практике для оценки по данным ультразвуковых наблюдений показателей деформационных и других физико-механических свойств глинистых грунтов, а предложенные методики измерений позволяют дополнить существующие способы определения соответствующих показателей свойств грунтов оперативным и мало затратным методом.
4. В своей диссертационной работе Е.В.Пиоро проявила способность ставить перед собой сложные научные и практические задачи, успешно их реализовать и добиться положительных результатов.
5. Подытоживая вышеизложенное, можно констатировать, что диссертационная работа Е.В.Пиоро является существенным вкладом в области инженерно-геологических и геофизических исследований и изысканий, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, написана чётким

языком, хорошо иллюстрирована рисунками и таблицами, а публикации и автореферат отражают содержание диссертации.

Таким образом, Е.В.Пиоро заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.08 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.


Отзыв составили:

Ведущий научный сотрудник Лаборатории инженерной геофизики и сейсмического микрорайонирования ИГЭ РАН, кандидат технических наук

 /И.Г.Миндель/

Исаак Генрихович Миндель, адрес: 129594, Москва, 2-ая улица Марьиной Рощи, Дом 14Б кв.33, тел.(+7)9629024001, E-mail: [mindel@pochta.ru](mailto:mindel@pochta.ru).

Ведущий научный сотрудник Лаборатории изучения состава и свойств грунтов ИГЭ РАН, кандидат геолого-минералогических наук

 /Р.Г.Кальбергенов/

Роман Губаитович Кальбергенов, адрес: 117447, Москва, Б. Черёмушкинская ул., доиЗ к.2, кв.144. тел. 84991272261 (дом), 84957007261 (раб.).

*Отзыв рассмотрен и одобрен на совместном заседании сотрудников Лаборатории инженерной геофизики и сейсмического микрорайонирования и Лаборатории изучения состава и свойств грунтов ИГЭ РАН (Протокол заседания от 24 сентября 2014 г., председатель заседания В.В.Севостьянов, секретарь Г.А. Андреева).*

 /Севостьянов/

**ПОДПИСЬ  
ЗАВЕРЯЮ.**

**УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ИГЭ РАН**

**Подпись**  **Н. А. РУМЯНЦЕВА**

• • • .20

