

В И Н И Т И

1977

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. М.В. ЛОМОНОСОВА

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

МАТЕРИАЛЫ К НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ
УЧЕНЫХ

Серия "Гидрогеология"

УДК /624.131.4/

247 - 76 Деп.

В.А. Королев

ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ
И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Известно, что температура, наряду с давлением и гидро-химическим режимом в породе, является важнейшим фактором при формировании физико-химических и физико-механических свойств грунтов. Однако, в настоящее время вопросы изменения указанных свойств глин в пределах положительных температур до 100°C остаются по существу мало разработанными. Тем не менее, они представляют большой практический и теоретический интерес, поскольку в глинистых грунтах в пределах положительных температур существенно меняются величина и скорость деформации грунта в зависимости от приложенной нагрузки.

В связи с этим были проведены экспериментальные исследования с целью выяснения природы процессов, происходящих в глинистых грунтах при температурах от $+20^{\circ}$ до $+70^{\circ}\text{C}$. Исследования проводились на катионозамещенных (Na^+ , Ca^{2+}) образцах мономинеральных глин нарушенного сложения каолинового и монтмориллонитового состава, взаимодействующих с водой. Глины помещались в специальные компрессионно-электролитические приборы, снабженные термокамерами, в которых проводилось уплотнение образцов при различных степенях нагрузки (от 0,05 МПа до 30 МПа) до полной консолидации их при 20° , а затем при 40° и 70°C . В процессе исследований проводился контроль за температурной деформацией, электропроводностью глин, оп-

ределаялась весовая влажность образцов и их вязкость. По общепринятой методике, с использованием мостовой двухэлектродной схемы на переменном токе частотой 1000 гц, измерялась удельная электропроводность глин и взаимодействующего раствора. Эти измерения позволили рассчитать величины поверхностной проводимости и другие параметры двойного электрического слоя глин по методике, описанной в работе / 1/. Удельная электропроводность глин при различных температурах рассчитывалась с учетом постоянной сопротивления прибора, определенной для этих же температур. Все опыты проводились с трехкратной повторностью.

Нагревание водонасыщенного глинистого грунта приводит к ряду внутренних изменений в системе "глина-вода". При этом температура оказывает влияние как на отдельные компоненты системы (твердую и жидкую фазы), так и на всю систему в целом. Термодинамические и физико-химические явления, происходящие в грунте при нагреве, и определяют в конечном итоге изменение физико-механических свойств глин при повышенных температурах, в результате чего при прочих равных условиях увеличивается сжимаемость и плотность грунта. Как показали наши эксперименты, увеличение температуры с 20° до 40° или 70°C приводит к значительной интенсификации деформаций при компрессионном уплотнении глин, причем с увеличением плотности образцов влияние температуры на уплотняемость глин уменьшается. Аналогичные результаты были получены для глин, уплотняемых при $+55^{\circ}\text{C}$ Р.С. Зиянгировым / 2 /.

Для количественной оценки указанного явления нами была подсчитана величина приращения относительной компрессионной деформации ($\Delta\delta$), возникающей при увеличении температуры на Δt° . На рис. 1 показана зависимость этой величины от давления при увеличении температуры с 20° до 70° , из которого видно, что по мере роста уплотняющего давления величина температурного приращения деформации ($\Delta\delta$) закономерно уменьшается. Наибольшая величина приращения относительной компрессионной деформации ($\Delta\delta$) отмечается у На-монтмориллонитовой глины во всем диапазоне исследованных давлений. При влажности образцов меньше нижнего предела пластичности ($< W_p$) или, соответственно при давлениях $> 2-3$ МПа, нагревание глин почти не вызывает дополнительных деформаций.

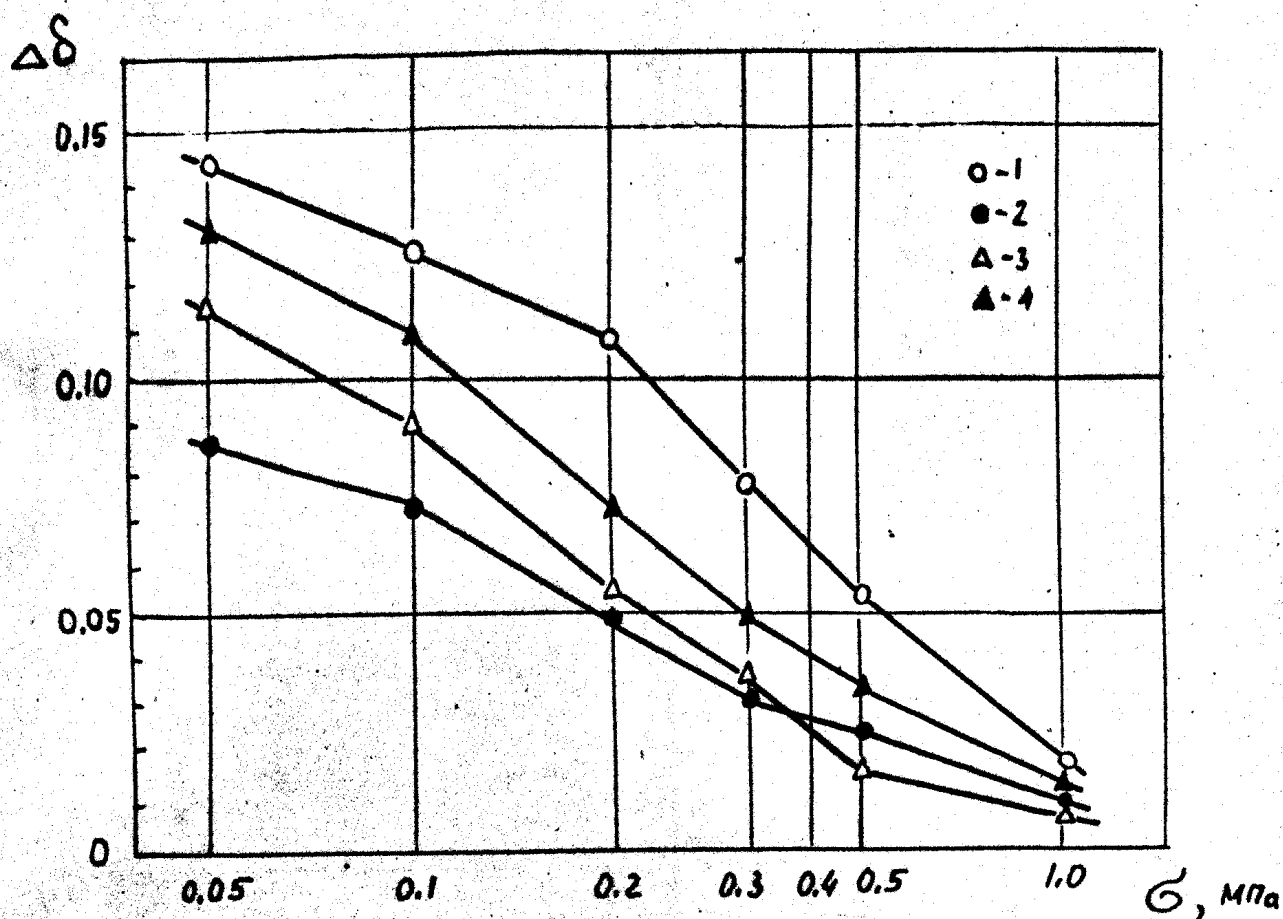


Рис. 1. Зависимость приращения относительной компрессионной деформации ($\Delta\delta$) при повышении температуры с 20° до 70° C от давления.

1 - Na - монтмориллонит, 2 - Ca - монтмориллонит, 3 - Na - каолинит, 4 - Ca - каолинит.

Известно, что изменение температуры приводит к термическому расширению или сжатию твердых минеральных частиц и к изменению объема поровой жидкости (воды). В то же время коэффициент объемного расширения воды в несколько десятков раз больше такового у глин, и поэтому следует ожидать, что тепловое расширение системы "глина-вода" при нагреве главным образом обуславливается термическим расширением поровой жидкости. При этом, как показали исследования некоторых авторов / 3,4 /, изменение температуры образцов, находящихся в ненагруженном состоянии (при возможности оттока поровой

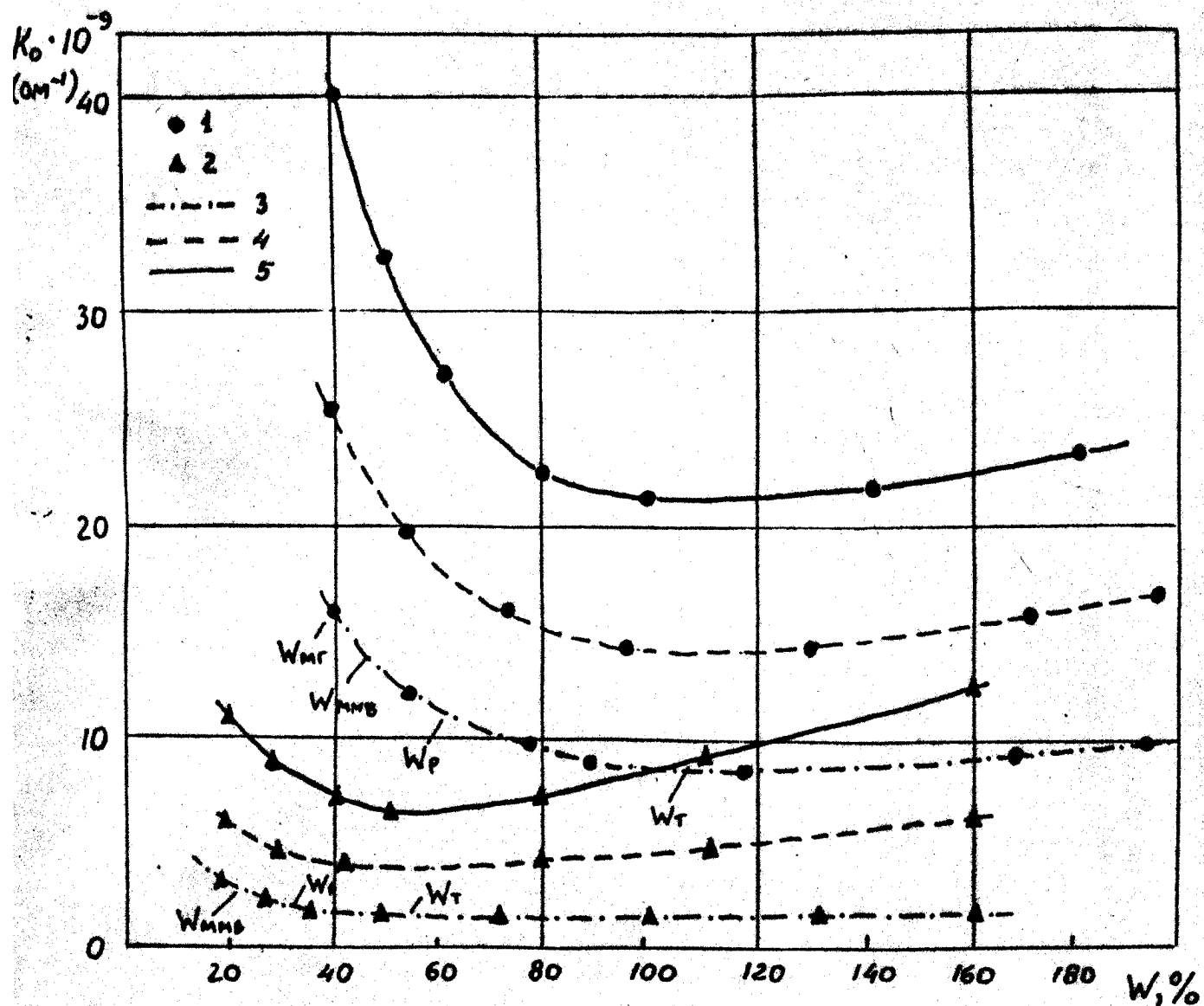


Рис. 2. Зависимость удельной проводимости противоионов двойного электрического слоя глин (K_0) от влажности (W) при температурах $20^\circ - 70^\circ\text{C}$.

1 - Ca - монтмориллонит, 2 - Ca - каолинит, 3 - при 20°C , 4 - при 40°C , 5 - при 70°C .

жидкости), вызывает дополнительное высачивание воды, а в условиях закрытой системы отмечается повышение порового давления.

Однако, было бы ошибкой считать, что дополнительные деформации в грунтах происходят лишь вследствие тепловых расширений системы и ее компонентов. В силу того, что глина является сложной дисперсной системой, в которой большую роль играют поверхностные явления, возникающие на границе минеральных частиц и жидкости, последние во многом определяют физико-механические свойства глины в целом. При этом изменение температуры в значительной мере влияет на характер по-

верхностных явлений. Как показали наши исследования, параметры двойного электрического слоя (ДЭС), характеризующие "поверхностную ионную активность" глин (поверхностная проводимость, средняя эффективная концентрация противоионов, их количество, подвижность и др.), существенно меняются с температурой. На рис. 2 показано изменение величины удельной проводимости противоионов ДЭС глин в зависимости от влажности при температурах 20°, 40° и 70°C, из которого видно, что увеличение поверхностной ионной активности с ростом температуры проявляется не в одинаковой мере у каолинитовых и монтмориллонитовых глин.

Кроме того, как следует из работ многих исследователей, вода, находясь под действием поверхностных сил, является энергетически неоднородной. Молекулы воды, адсорбируясь на активных центрах поверхности глинистых минералов, образуют вокруг глинистых частиц "слои" воды, обусловленные определенными силами связи (координационной, электростатической, водородной, межмолекулярной). По мере удаления от поверхности частицы энергия этой связи убывает. Особые свойства воды, находящейся в сфере действия поверхностных сил, позволили Б.В. Дерягину создать учение о так называемом расклинивающем давлении, величина которого, наряду с силой сопротивления сдвигу частиц относительно друг друга, противодействует внешнему давлению при уплотнении глин. Изменение температуры в системе "глина-вода" влияет на формирование и прочность связей между молекулами воды и атомами кристаллической решетки минералов с одной стороны, и между отдельными молекулами с другой. При этом повышение температуры приводит к увеличению интенсивности трансляционного движения молекул свободной и слабо связанной воды и разрушению связей типа "диполь-диполь", к ослаблению и разрушению части водородных и разрыхлению ионно-ковалентных связей в ассоциатах воды. Кроме того, происходит уменьшение вязкости поровой жидкости и изменение тиксотропных свойств системы. Как показали наши исследования, при увеличении температуры от 20° до 70°C вязкость монтмориллонитовых глин уменьшается в 1,5 - 2 раза, а каолинитовых глин - почти на порядок. Рост температуры влечет за собой трансформацию части связанной воды в свободную, т.е. переход

форм влаги с более высоким уровнем связи в формах с меньшим энергетическим уровнем.

При уплотнении водонасыщенных глинистых грунтов рост температуры ведет к уменьшению результирующей величины расклинивающего давления. Согласно Б.В. Дерягину, величина расклинивающего давления определяется отталкиванием одноименных двойных электрических слоев при сближении частиц и взаимодействием структурированных граничных гидратных слоев. Как показали некоторые исследования / 5, 6 / при увеличении температуры толщина и вязкость этих слоев уменьшается и, следовательно, уменьшается величина расклинивающего давления. Одновременно уменьшается и сила сопротивления сдвигу частиц относительно друг друга вследствие ослабления структурных связей, внутреннего трения и увеличения текучести порового раствора. Таким образом, происходит сдвиг равновесия в сторону дополнительного уплотнения глины, отплате из нее добавочного количества воды и, как следствие, — дополнительные температурные деформации, вплоть до установления нового равновесия в системе.

Полученные данные свидетельствуют о том, что дополнительные деформации в глинистых грунтах вызваны не только тепловым расширением (или сжатием) компонентов системы "глина-вода", но и в большой мере зависят от характера поверхностных процессов, происходящих в гидратных оболочках частиц глины при различных температурах.

Литература

1. Злочевская Р.И. Связанная вода в глинистых грунтах. М., изд-во МГУ, 1969.
2. Зянгинов Р.С. Автореферат канд. дисс. М., МГУ. 1974.
3. Campanella R.G., Mitchell T.K. "Journ. Soil and Found. Div., ASCE." vol 94, Pros. paper 5958, p. 709-734. 1968.
4. Plum L.R., Esrig I.M. "Highway Research Board, Spec. Report" N 103, Washington, D.S. 1969.
5. Чураев Н.В. В со. "Связанная вода в дисперсных системах". Вып. 3, изд-во МГУ, 1974.
6. Бондаренко Н.Ф. Физика движения подземных вод. Гидрометеопедат. Л., 1973.

Печатается в соответствии с постановлением Президиума
Академии Наук СССР № 830 от 6 октября 1961 г.
В печать
Тир.

Цена *43 коп* . Зак.

Производственно-издательский комбинат ВИНТИ
Люберцы, Октябрьский пр. 403