

## **Формирование структурных связей в аргиллитоподобных глинах сочинской свиты в г. Сочи**

**А.А. Хмелевцов**

Объектом настоящих исследований являются аргиллитоподобные глины района г. Большой Сочи (далее АПГ), представленные глинистыми отложениями верхнепалеогенового возраста ( $P_3$ ). Исследуемые грунты широко распространены на территории г. Большой Сочи и залегают в виде слоистой субфлишевой толщи с редкими прослоями песчаников, аргиллитов и алевролитов небольшой мощности (от 0,01 до 0,2, реже 0,5-0,8 м.). Характерной особенностью АПГ является разуплотнение при вскрытии и набухание при замачивании. В пределах района исследований залегают отложения аргиллитоподобных глин сочинской ( $P_3$  sc) свиты, мощность которых в отдельных районах достигает ста и более метров.

В районе г. Большой Сочи в настоящее время ведутся работы по улучшению инфраструктуры города, застраиваются новые территории и проводятся мероприятия по укреплению склонов. Рассматриваемая территория характеризуется сложным геологическим строением и широким разнообразием горных пород, слагающих склоны откосов и служащих основанием для различных инженерных сооружений. Среди них выделяется большая группа глинистых грунтов, которые являются одним из важнейших объектов исследования инженерной геологии, в связи с разнообразием их физических и физико-механических свойств [1]. Отдельное место в группе глинистых грунтов занимают аргиллитоподобные глины. Данные грунты обладают специфическими свойствами, осложняющими производство инженерно-геологических изысканий и процесс строительства.

АПГ в природном сложении прочные, имеют слоистую структуру, характеризуются высокой плотностью (до 2,40-2,50 г/см<sup>3</sup>), но при вскрытии саморазуплотняются, при замачивании проявляют набухание и переходят из

твёрдого в пластичное состояние. Это обусловлено структурой, вещественным составом и высокой степенью литификации АПГ [2].

Во многих отчётах по инженерно-геологическим изысканиям для решения строительных задач исследуемые грунты относят в одних случаях к полускальным, а в других случаях к глинистым породам без детального изучения их свойств в природном залегании, при вскрытии и при взаимодействии с водой, что не всегда отражает все действительные характеристики АПГ.

Формирование инженерно-геологических свойств горных пород всегда рассматривалось в тесной связи с генезисом и всей историей существования горной породы, с теми процессами, влияние которых она испытала вплоть до настоящего времени. Сейчас уже доказано, что физико-механические свойства пород определяются особенностями геологического строения и геологической историей их жизни [3,4]. Для установления природы переуплотненного состояния и специфических физико-механических свойств АПГ необходимо кратко рассмотреть условия их образования.

В верхнем палеогене, в эпоху эоцен-олигоцена, началось формирование горного сооружения Кавказа. Накопление отложений сочинской свиты происходило в верхнем палеогене (олигоцене) за счет поверхностного смыва терригенного материала горных сооружений Кавказа и его отложения в опресненных лагунах и мелководном шельфе, после чего они испытывали диагенетические и катагенетические преобразования на глубинах до 1.5 км при температурах около 60° С [5,6]. Климат так же оказывал существенное влияние на формирование глинистого осадка, в основном через воздействие на прилегающую сушу. Он определяет тип и скорость выветривания и таким образом тип осадка, транспортируемый в седиментационный бассейн [7]. Эти периоды определили характерное строение слоистой толщи чередования глин, аргиллитов, алевролитов и песчанников, поднятых впоследствии на дневную поверхность в результате

горобразования. Слоистость такого типа носит название градационной слоистости, в которой изменяется размерность слагающих пласт зерен [8].

При попадании в водную среду глинистые частицы формируют вокруг себя двойной электрический слой и образуется дисперсная система. Под влиянием, преимущественно, гравитационных сил в процессе седиментации глинистые частицы сближаются и начинают взаимодействовать друг с другом. Образуются рыхлые отложения текучей консистенции с преобладанием дальних коагуляционных контактов между частицами, которые на стадии диагенеза перекрываются новыми порциями осадков и преобразуются в породу под влиянием био-химических и физико-химических процессов [9].

При уплотнении глинистого осадка под внешними нагрузками от вышележащей толщи грунтов, с повышением внешнего давления происходит отжатие поровой воды (дегидратация), как следствие уменьшение и частичное разрушение толщины диффузного (осмотического) слоя и уменьшение расстояния между глинистыми частицами. С уменьшением расстояния между частицами, происходит изменение электростатического взаимодействия между частицами с изменением потенциала на границе адсорбционного и диффузного слоёв. В результате сближения частиц и перекрытия диффузных слоёв двойного электрического слоя часть катионов, находящихся в диффузном слое на поверхности одной из частиц, вступают во взаимодействие одновременно с обеими поверхностями. Это приводит к появлению между частицами дополнительных сил ионно-электростатического притяжения, с образованием так называемых ионно-электростатических "мостиков", которые вместе с молекулярными силами значительно увеличивают энергию взаимодействия (притяжения) частиц. Описанный процесс усиливается взаимным поджатием частиц под влиянием капиллярных менисков в результате дегидратации глин. При этом энергия ионно-электростатического взаимодействия при малых толщинах гидратных прослоек на много превышает энергию молекулярного притяжения [10].

Таким образом, происходит формирование дополнительных сил притяжения за счёт ионно-электростатических сил. Одновременное уплотнение глинистого осадка под действием гравитационных сил с его дегидратацией обеспечивает максимально эффективный процесс уплотнения.

При дальнейшем сближении глинистых частиц под действием внешнего давления и капиллярного поджатия гидратная пленка утончается и продавливается (разрушается) в результате чего частицы соприкасаются и в отдельных точках образуются новые контакты - переходные или точечные [10] - ограниченные по размеру метастабильные площадки с преобладанием сил электростатической и химической природы. При этом часть контакта, окружающая точечный контакт, сохраняет черты коагуляционного. Переходными эти контакты были названы в следствии того, что их поведение определяется как молекулярными взаимодействиями (на коагуляционных участках контакта), так и более прочными силами химической и ионно-электростатической природы (на участках непосредственного соприкосновения частиц) [10]. Преобладание переходных или точечных контактов характерно для твердого состояния глин.

В результате последующего роста геостатического давления и температуры на стадии начальных катагенетических преобразований частицы плотно поджимаются друг к другу, за счет чего увеличивается площадь их контакта и происходит формирование фазовых контактов за счет ионно-электростатических связей.

Механизм формирования фазового контакта заключается в следующем. При сближении контактирующих глинистых частиц и уменьшении угла, под которым они контактируют, происходит их переориентируются параллельно друг другу, увеличение площади взаимодействия частиц с образованием всё большего количества ионно-электростатических связей и повышением прочности контакта. Расчётная величина силы притяжения, приходящейся на один ионно-электростатический контакт ("мостик") достигает  $0,14 \cdot 10^{-10}$  Н [10]. Экспериментально доказано, что при достижении суммарной силы

притяжения между глинистыми частицами микронного размера равной  $3 \cdot 10^{-7}$  Н контакт становится необратимым фазовым [10]. Расчетным путем, зная величину силы притяжения глинистых частиц, при которой контакт становится водостойким и необратимым фазовым ( $3 \cdot 10^{-7}$ ) и величину силы притяжения, приходящейся на один ионно-электростатический контакт ("мостик"), можно получить количество контактов ("мостиков"), необходимых для образования необратимого фазового контакта:

$$3 \cdot 10^{-7} / 0,14 \cdot 10^{-10} = 2,1 \cdot 10^4$$

Из расчетов следует, что в случае образования на контакте двух глинистых частиц микронного размера ионно-электростатических связей в количестве  $< 2,1 \cdot 10^4$  контакт является метастабильным и обратимым. А это значит, что в случае снятия внешнего давления и дополнительного увлажнения глин гидратация катионов в контактной зоне возрастает, что приводит к увеличению расстояния между частицами и обратной трансформации контактов сначала в точечные, а потом и в коагуляционные.

В аргиллитоподобных глинах сочинской свиты сформировались контакты между глинистыми частицами близкие по сути к фазовым, но из-за недостаточного количества солей частицы не были сцементированы и образования химических связей не произошло. Между частицами действуют ионно-электростатические силы и за счёт этого структурные контакты между глинистыми частицами остаются обратимыми.

Высокая степень литификации и обратимость "ложных фазовых" контактов при взаимодействии с водой является причиной неустойчивого поведения аргиллитоподобных глин при вскрытии, поэтому изменение их свойств крайне важно учитывать при проектировании.

### **Литература:**

1. Mariacristina Bonini, Marco Barla, Giovanni Barla. Comportamento rigonfiante delle argille scagliose sulla base di nuove determinazioni sperimentali // Incontro Annuale dei Ricercatori di Geotecnica 2002 - IARG 2002, Napoli, 19-21

Giugno 2002 /Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Politecnico di Torino. – P.19-21.

2. Хмелевцов, А.А. Вещественный состав аргиллитоподобных глин района г. Большой Сочи [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2011, №1. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/379> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

3. Ипатов П.П. Региональная инженерная геология: учебное пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 140 с.

4. Хмелевцов, А.А. Условия формирования и специфические свойства аргиллитоподобных глин района г. Большой Сочи [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2010, №3. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2010/231> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

5. Астахов С. М. Оценка углеводородного потенциала Туапсинского прогиба на основе методик бассейнового моделирования : автореф. дис. ...канд. геол.-мин. наук / С. М. Астахов. – Ростов н/Д., 2011. – 23 с.

6. Брагин Е. Д. Литолого-минералогические особенности и свойства четвертичных и олигоценых пород Сочинского района Черноморского побережья Кавказа в связи с оползнями : дисс. ... канд. геол.-мин. наук : 25.00.08 : защищена 1973 / Е. Д. Брагин. – Ростов – н/Д, 1973. – 181 с.

7. Рединг Х. Г. Обстановки осадконакопления и фации. В 2 т. Т. 1. : пер. с англ. / Х. Г. Рединг, Дж. Д. Коллинсон, Ф. А. Аллен [и др.] ; пер. с англ. И. С. Барскова, И. Н. Индолеева, И. О. Мурдамаа [и др.] ; под ред. П. П. Тимофеева. - М.: Мир, 1990. – 352 с.

8. Кузнецов В. Г. Литология. Осадочные горные породы и их изучение : учебное пособие для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007. – 511 с.

9. Bradley W. F. Analysis of mixed-layer clay mineral structures // Analyt. Chem. 25, (1953). P. 727-730.

10. Осипов, В.И. , Соколов, В.Н. Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств [текст]: научное издание - М.: ГЕОС, 2013. – 576с.