

О МИКРОСТРУКТУРЕ И ЕЕ ПЕРЕСТРОЙКЕ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТА

П.А. ЛЯШЕНКО¹, В.В. ДЕНИСЕНКО²

¹Кубанский государственный аграрный университет,
350044, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Калинина, 13,
электронная почта: lyseich1@yandex.ru

²Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2,
электронная почта: denvivi@yandex.ru

Приведено определение и описание микроструктуры грунта, описаны представления о механизме перестройки микроструктуры грунта при его деформации, данные исследований разрушения микроструктуры в макрообъеме грунта под действием сжимающей нагрузки. Отмечено, что, разрушение грунта локализуется на площадках скольжения, тогда как феноменологическое описание рисует зону, ограничивающую некоторый объем в грунтовом теле, на внешней границе которой разрушение и происходит. Здесь континуальная модель разрушения входит в противоречие с наблюдениями. Кроме того, она не описывает таких явлений как распространение поверхности разрушения и связанное с ним ступенчатое изменение деформации, фиксируемой на границах грунтового тела.

Ключевые слова: микроструктура грунта, глинистые частицы, контакт глинистых частиц, пластинчатые частицы, микроагрегат, площадки скольжения.

Понятие структуры грунта, как и всякого вещества, является фундаментальным методологическим понятием, основываясь на котором можно систематизировать частные сведения о грунте. Следуя принятым ранее определениям [1-4], сформулируем понятие объекта исследования: «Микроструктура, – это совокупность устойчивых связей грунта, характеризующихся морфометрическими, динамическими и энергетическими признаками и обеспечивающих его целостность и тождественность самому себе».

Такое определение содержит важную компоненту: критерий значения связей, вводимый через сохранение свойств при внешних воздействиях. Структура – это совокупность устойчивых связей, которые действуют в сложившихся условиях и находятся в равновесии с внешней средой. Грунт не деформируется, пока не изменятся напряжения и перемещения на границах макрообъема грунта, или грунт не подвергнется действию физических полей. Если внешние условия изменятся, то о реакции структуры мы сможем узнать

по напряжениям и перемещениям границ макрообъема. Восстановление их прежних значений при возвращении к начальным внешним условиям свидетельствует о тождественности нового состояния начальному; структура при этом не претерпевает изменений.

Необратимые изменения на границах макрообъема указывают на нарушение или разрушение структуры, которая при этом перестает быть тождественной себе.

«Простейший и наиболее широко распространенный тип дисперсных структур – коагуляционные структуры, образованные сцеплением частиц вандер-ваальсовыми силами не в компактные агрегаты, а в цепочки и неупорядоченные пространственные сетки – рыхлые каркасы из первичных частиц, их цепочек или агрегатов». «При образовании коагуляционной сетки и отдельных ее элементов-агрегатов или цепочек – в контакте между частицами остается весьма тонкая равновесная прослойка жидкой дисперсионной среды, толщина которой соответствует минимуму свободной энергии системы» [5]. Эти прослойки препятствуют дальнейшему сближению частиц. Им коагуляционная структура обязана такими свойствами как пониженная прочность, ползучесть, структурная вязкость, в концентрированных дисперсиях – пластичность, тиксотропия. Коагуляционные структуры способны к замедлению упругости – упругому последдействию, аналогичному высокоэластичности каучука. Но связана она с взаимной ориентацией анизометричных частиц в направлении сдвига [5].

Элементами микроструктуры являются глинистые частицы, их микроагрегаты, агрегаты глинистых частиц с частицами неглинистых минералов (зернами), кристаллы солей. Размеры частиц лежат в диапазоне нескольких порядков от десятых долей нанометра до нескольких микрометров. Глинистые частицы имеют вытянутую форму, часто пластинчатую или листовидную. «Глинистым минералам свойственно группироваться в отдельные агрегаты до 10 мкм и блоки 50-60 мкм с упорядоченным строением внутри. В связи с этим, почти всегда отмечается слабая преимущественная ориентация частиц» [1].

Глинистые частицы и микроагрегаты образуют коагуляционные и переходные контакты. Пространство между частицами – поры – неоднородно. Размеры пор определяются размерами частиц. Доля наиболее крупных пор

относительно невелика и составляет единицы процента. В частности, «анализ РЭМ-изображений показал, что поровое пространство глинистых пород с матричной микроструктурой представлено 4-мя категориями пор со средним эквивалентным диаметром 0,06; 0,42; 3,3 и 12,3 мкм. Поровое пространство, в основном, формируется межмикроагрегатными порами» (93,8 % общей пористости). Их распределение по эквивалентным диаметрам и периметрам носит прерывистый характер [2].

Сразу же после начала одноосного нагружения каолининовой пасты при влажности на границе текучести начинается перестройка текстуры. Частицы, агрегаты и блоки разворачиваются и укладываются длинными сторонами перпендикулярно направлению нагрузки, облегчая отжатие воды. «Многие структурные элементы... поворачиваются на 40-90°, причем максимальное упорядочение ориентации происходит в средней части по высоте образца. Здесь «наблюдаются зоны концентрации напряжений на участках, сложенных глинистыми частицами, зажатыми между более прочными структурными элементами» [1]. По-видимому, авторы имели в виду нарушения первоначальной текстуры при уменьшении расстояния между жесткими зернами. При этом «деформации сжатия и деформации сдвига следуют одна за другой». Последний тезис ничем не иллюстрируется и представляет собой догадку, подтверждаемую опытом испытаний при определенных условиях их проведения.

«Текстура водонасыщенных глинистых пород весьма чувствительна к внешним воздействиям. Деформация оставляет следы, выражающиеся в перестройке пространственной ориентации структурных элементов. Характер и количественная оценка изменений текстуры... зависят от исходной текстуры, минерального состава породы, ее физического состояния и вида деформаций. Не все элементы одновременно претерпевают пространственную перестройку. В первую очередь, происходит изменение ориентации отдельных глинистых частиц и мелких агрегатов, затем изменяют положение крупные агрегаты и блоки и алевритовые частицы». «Чем меньше скорость сжатия, тем значительнее изменение текстуры» [1]. Изменения текстуры происходят вплоть до «разрушающей

нагрузки, после чего в образце появляются трещины... Текстурных изменений в окрестностях зоны разрушения не наблюдается» до относительного смещения частей образца по трещине. «В момент смещения происходит поворот глинистых частиц и агрегатов вдоль трещины» и образуется «зона сдвига» [1]. Сжимающие напряжения препятствуют повороту частиц, с одной стороны, а «до разрыва сплошности текстуры на отдельных участках образца происходят очаговые деформации подвижных структурных связей», с другой.

Первому предположению можно противопоставить кинематическую схему, при которой именно сжатие приводит к повороту частиц. Второе предположение противоречит представлениям механики разрушения, согласно которым очаговые нарушения влияют один на другого и лишь нарушают выпуклый фронт распространяющейся трещины сдвига. Выравнивание этого фронта может происходить без увеличения нагрузки. На это указывает то, что «появление трещин сопровождалось некоторым нарастанием вертикальной деформации образца без приложения нагрузки» при одноосном сжатии [1].

Локальный разрыв сплошности структуры обнаруживается по резкому спаду напряжений сдвига при достижении критической скорости деформации [6]. «Возникновение кристаллической структуры отражается в значительном возрастании предельного напряжения сдвига и в появлении резких скачкообразных спадов и подъемов на кривой зависимости напряжения сдвига от времени или от деформации» (рисунок 1).

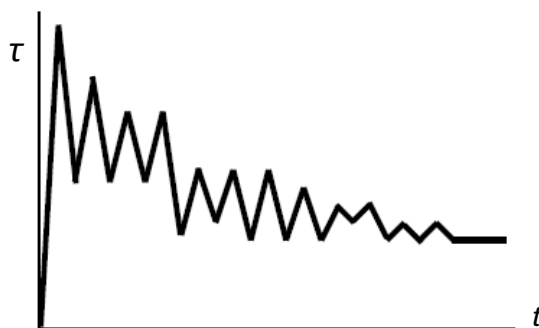


Рисунок 1 – Зависимость напряжения сдвига от времени [6]

Такой вид кривых типичен для систем, разрушение которых сопровождается последующим необратимым разрывом жестких фазовых контактов между частицами.

Такие скачки напряжения наблюдаются и в коагуляционных системах без кристаллической структуры, не имеющих фазовых контактов [7-11]. По-видимому, резкие подъемы и спады напряжения при постоянной скорости деформации или подъемы и спады скорости деформации при постоянной скорости увеличения напряжения могут иметь другое объяснение, не базирующееся на представлении о разрушении фазовых контактов.

Это противоречит мнениям А. Надаи (1969) и А.Я. Туровской (1957) о постепенном нарастании деформаций разрушения. По их мнению, пространственная перестройка неизбежно отражает перестройку структуры, а структура определяет сопротивление грунта внешней нагрузке. Из этого авторы делают вывод, что, если текстура связана с показателями, характеризующими прочность и деформацию, «то логично решение обратной задачи, а именно, по текстуре породы судить о ее свойствах». Этот вывод соответствует определению структуры, предложенному авторами, но логически не верен, т.к. по текстуре невозможно установить характер связей между элементами структуры и условия ее разрушения.

Ясно, однако, что изменения текстуры при деформации являются необратимыми (Райтбурд Ц.М., 1958; Фадеева В.С., 1957; Туровская А.Я., 1959; Царева А.М. и др., 1968). При компрессионном сжатии тугопластичных каолиновых паст при давлении 0,13-100 МПа текстура изменяется слабо, при 500-1000 МПа наблюдаются некоторые изменения пространственной ориентации глинистых частиц и агрегатов. Степень перестройки невелика, а показатели конечной текстуры свидетельствуют о том, что процесс перестройки далеко не завершен (Райтбурд Ц.М., 1958).

Действительно, если перестройка структуры ограничена отдельными поверхностями, вблизи которых частицы испытывают изменение ориентации, то степень перестройки в объеме пробы невелика, что и подтверждается

наблюдениями в микрошлифах: она составляет 20-30 % исходного объема пробы [12].

При нагружении коалинитовой пасты при влажности на границе текучести под давлением 0,05; 0,1 и 0,25 МПа перестройка текстуры начиналась сразу же после начала приложения нагрузки. Частицы, агрегаты и блоки разворачивались и укладывались длинной стороной перпендикулярно направлению нагрузки, облегчая отжатие воды. Осадка проб с беспорядочной текстурой была больше, чем с изначально упорядоченной. Разница сохранялась при уменьшении влажности и увеличении плотности грунта. В пробах с беспорядочной текстурой уже через 10 мин после нагружения появлялись области с аксиальной ориентацией частиц. В условиях высокой влажности, увеличение напряжений приводит к сдвигу агрегатов в сторону пор, причем плоскости сдвига появляются между блоками, связи между которыми слабее (чем внутри блоков), а окружающие поры крупнее. Активность текстурной перестройки выше в случае более высокой влажности и низкой плотности.

Прослойки воды между частицами препятствуют их сближению и обеспечивают структуре свойства пластичности и тиксотропии. Коагуляционные структуры способны к замедленной упругости – упругому последдействию, аналогичному высокоэластичности каучука. Исследования сдвиговых деформаций в коллоидных системах показало, что «высоэластичное последствие... связано с взаимной ориентацией анизометричных частиц-палочек, пластинок или цепочек, образуемых изометричными частицами, в направлении сдвига. Каждому значению деформации сдвига соответствует определенная степень ориентации, непрерывно возрастающая с деформацией. Если наложить на систему достаточно малое напряжение сдвига, не превышающее предела текучести, то пространственная структура не испытывает остаточного разрушения, успевая тиксотропно восстанавливаться» [5].

Появление скачкообразного изменения напряжения сдвига во времени связывается с возникновением кристаллической структуры, что подтверждается значительным возрастанием предельного значения напряжения сдвига и

объясняется необратимым характером разрывов жестких фазовых контактов между частицами. Локальный разрыв сплошности структуры обнаруживается по резкому спаду напряжения сдвига при достижении критической скорости деформации. Отсутствие такого спада позволило предположить, что разрушение может носить изотропный характер, а максимальная текучесть соответствует предельному объемному и изотропному разрушению структуры [6]. Тот же автор при визуальном изучении процесса разрушения обнаруживает раскрытые трещины, структура распадается на множество слоев. Плотность структуры в слое значительно возрастает. Это противоречит предположению об объемном и изотропном разрушении.

По мнению М.Н. Гольдштейна (1971), «разрушение коагуляционно-тиксотропных систем может происходить как плавно, так и скачкообразно, в зависимости от величины и скорости приложения сдвигающих напряжений». По-видимому, следует разграничить плавное разрушение и скачкообразное, как присущие материалам с разными физическими свойствами, что отражено в представлениях Н.Б. Урьева [6], основанных на различении свойств контактов между частицами.

Понятие контакта и его роль в исследовании микроструктуры грунта весьма важны. Они лежат в основе теории контактных взаимодействий [12]. Формирование структурных связей в грунтах происходит не по всей межфазной поверхности, а только в местах их максимального сближения – контактах. В частном случае коагуляционных контактов, между частицами существует равновесие сил притяжения и отталкивания. Наличие на контакте равновесной прослойки жидкости обуславливает способность контактов обратимо разрушаться при механических воздействиях, восстанавливаясь затем до первоначальной прочности.

Энергия взаимодействия грунтовых частиц зависит от состояния их поверхностей и расстояния между ними. Эту зависимость можно выразить суммарными кривыми трех типов, полученными для случая взаимодействия минеральных пластин (рисунок 2). Кривая 1 соответствует случаю, когда

энергия притяжения преобладает, агрегация происходит быстро и может быть нарушена в результате передачи системе частиц относительно большой энергии. Кривая 2 относится к случаю устойчиво диспергированного состояния. Кривая 3 наиболее типична для природных глинистых систем, характеризуется наличием двух потенциальных минимумов, возникающих при взаимодействии частиц с двойным электрическим слоем – глинистых частиц.

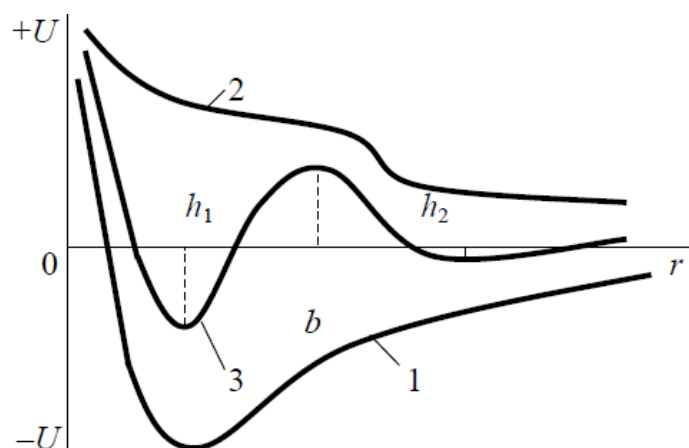


Рисунок 2 – Зависимость суммарной энергии взаимодействия двух пластин от расстояния между ними [13]

Общая потенциальная кривая взаимодействия глинистых частиц может иметь два потенциальных минимума и энергетический барьер между ними. Дальний потенциальный минимум возникает при взаимодействии частиц на больших расстояниях (70-100 нм), ближний – на малых расстояниях (2-3 нм). Им соответствуют дальние и ближние коагуляционные контакты.

Контакты могут иметь следующие геометрические разновидности: базис-базис (при параллельном положении базальных плоскостей), базис-скол (базальные плоскости образуют угол $\alpha > 0$), скол-скол (касание краями частиц – наименее устойчивый контакт). Измерения прочности контактов на аналогах дают значения 10^{-12} - 10^{-11} Н для дальнего коагуляционного контакта и 10^{-10} - 10^{-8} Н для ближнего [13].

Однако понятие контакта пока не сформулировано достаточно строго для того, чтобы получить на его основе проверяемый результат на уровне макроскопических испытаний. Теория не дает выхода на граничные условия опыта.

Модель деформации микрослоистой глины предполагает возможные траектории перемещения глинистых частиц при сдвиговых деформациях как вдоль базисов (рисунок 3а), так и вдоль поверхности сколов частиц. Перемещениям вдоль сколов (рисунок 3б) соответствует больший период неоднородности поля поверхностных сил, по сравнению с периодом неоднородности для перемещения частиц поперек поверхности сколов (рисунок 3в). Коэффициенты трения в случаях б) и в) различаются между собой и значительно превосходят эту величину в случае а).

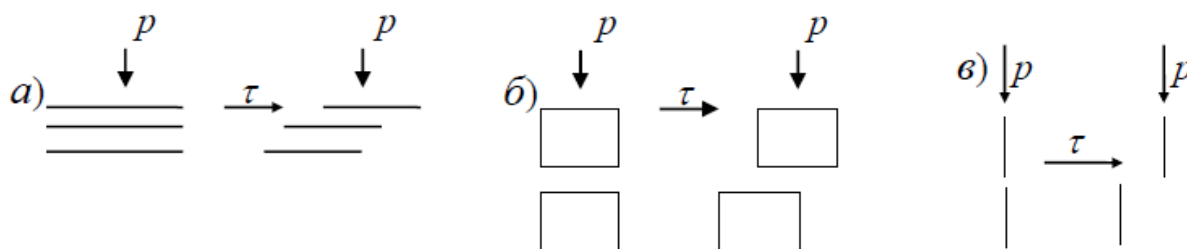


Рисунок 3 – Схемы взаимных перемещений частиц микрослоистой глины [14]

При произвольной ориентации напластования в пространстве возможно относительное смещение поверхностей как сколов (рисунок 4а), так и базисов (рисунок 4б) [14]. Максимум сдвиговой прочности наблюдается при $\alpha = 45-50^\circ$ в специальных опытах при известной ориентации частиц.

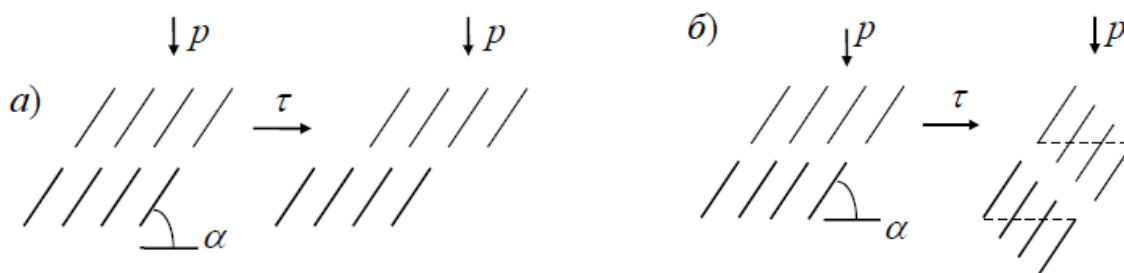


Рисунок 4 – Схема взаимных перемещений частиц глины при произвольной начальной ориентации [14]

В процессе деформирования глины перестраивают структуру.

Процесс ползучести можно условно разграничить на две фазы: а) фазу переориентации структурных элементов, при которой $\alpha = 0$, сопровождающуюся пластическими деформациями; б) фазу разрушения глинистой коагуляционной структуры. В процессе деформирования глины изменяют текстуру на более ориентированную [14].

Наблюдаемую в опытах частую смену скорости деформации можно было бы объяснить использованным авторами [14] понятием «периода неоднородности» поля поверхностных сил. Однако оно не получило более подробной физической трактовки применительно к этому эффекту.

«Различного рода дефекты, по мере развития деформации, объединяются, образуя субструктуры» (Конева Н.А. и др., 1987). Плотность дефектов достигает критического значения, после которого она начинает резко возрастать. В этом состоит коллективное действие дефектов [15]. Оно проявляется в виде трещин сдвига и отрыва. Сжатие грунтового тела «приводит к довольно быстрому сдвигу агрегатов в сторону пор, причем в первую очередь плоскости сдвига появляются между блоками, связи между которыми слабее, чем связи между мелкими агрегатами, а окружающие их поры крупнее». «С дальнейшим ростом нагрузки возрастают касательные напряжения. В направлении их действия количество очагов нарушения структуры (микросдвигов) растет, что приводит к образованию зоны разрушения» [1].

При длительном деформировании в начальной стадии ползучести «несколько уменьшились размеры полостей и начиналась переориентация частиц в наиболее слабых местах между агрегатами». Во второй стадии – «начались распад агрегатов и переориентация частиц... количество ориентированных участков заметно увеличилось. Наряду с продолжающимся “залечиванием” дефектов стали возникать новые повреждения структуры в виде тончайших микротрещин, возникающих в наиболее слабых местах – у полостей – и зачастую протягивающихся от одной полости к другой». «При этом, как было показано Р.В. Максимяк, разрушение грунта наступает при одном и том же значении степени поврежденности его структуры», которое может служить критерием разрушения грунта [15].

«Для грунтов с консистенцией менее 0,25 разрушение чаще всего носит хрупкий характер с образованием трещин скола и отрыва, т.е. с внезапным увеличением скорости деформации и мгновенным разрушением. Для грунтов мягкопластичной и текучей консистенции разрушение происходит при

прогрессирующем характере накопления деформаций, постепенном увеличении скорости течения и без видимых нарушений сплошности образца» (Дидух Б.И., 1987).

Из приведенных данных видно, что разрушение грунта локализуется на поверхности, тогда как феноменологическое описание рисует зону, ограничивающую некоторый объем в грунтовом теле, на внешней границе которой разрушение и происходит. Здесь континуальная модель разрушения входит в противоречие с наблюдениями. Кроме того, она не описывает таких явлений как распространение поверхности разрушения и связанное с ним ступенчатое изменение деформации, фиксируемой на границах грунтового тела.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарик Г.К., Царева А.М., Пономарев В.В. Текстура и деформация глинистых пород. – М.: Недра, 1975. – 168 с.
2. Осипов В.И., Соколов В.Н., Румянцева Н.А. Микроструктура глинистых пород. – М.: Недра, 1989. – 211 с.
3. Ляшенко П.А. Микроструктурная деформируемость глинистых грунтов. – Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2001. – 123 с.
4. Ляшенко П.А. Сопротивление и деформации глинистого грунта. – Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2014. – 161 с.
5. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика дисперсных структур / В кн.: Физико-химическая механика дисперсных. – М.: Недра, 1966. – С. 3-16.
6. Урьев Н.Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. – М.: Химия, 1988. – 256 с.
7. Денисенко В.В., Ляшенко П.А. О цикличности сжимаемости грунтов при компрессионных испытаниях // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – Краснодар: КубГТУ, 2016, № 3. – С. 317-331. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/872>.
8. Ляшенко П.А., Денисенко В.В. Механика контактного сопротивления глинистого грунта при одноосном сжатии // Научные труды Кубанского

государственного технологического университета. – 2014, № 1. – С. 116-130. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/14>.

9. Денисенко В.В., Ляшенко П.А. Сопротивление микроструктуры глинистого грунта внешней нагрузке // Инженерные подходы к решению геотехнических задач: сборник научных трудов, посвященный 80-летию К.Ш. Шадунца. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – С. 48-53.

10. Ляшенко П.А., Денисенко В.В. Вычисление характеристик микроструктуры грунта в опыте с компрессионным сжатием образца // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2009. – № 45 (1). – С. 66-82. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2009/01/pdf/03.pdf>.

11. Ляшенко П.А., Денисенко В.В. Контактное взаимодействие элементов микроструктуры глинистого грунта // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012, № 78 (04). – С. 291-318. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/25.pdf>.

12. Осипов В.И., Рашед М., Резниченко А.П. Микротекстура глин и их длительная прочность // Вестник МГУ, сер. 4. Геология, т. 2, 1988.

13. Теоретические основы инженерной геологии. Физико-химические основы / Под ред. акад. Е.М. Сергеева. – М.: Недра, 1985. – 288 с.

14. Кульчицкий Л.И. Способ прямого определения пластичности глинистых пород // Разведка и охрана недр. – 1991, № 3. – С. 32-34.

15. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. – М.: Высшая школа, 1978. – 447 с.

REFERENCES

1. Bondarik G.K., Tsareva A.M., Ponomarev V.V. Texture and deformation of clay rocks. – Moscow: Nedra, 1975. – 168 p.

2. Osipov V.I., Sokolov V.N., Rummyantseva N.A. Microstructure of clay rocks. – Moscow: Nedra, 1989. – 211 s.

3. Lyashenko P.A. Microstructural deformability of clay soils. – Krasnodar: Publishing House of KubSAU, 2001. – 123 p.

4. Lyashenko P.A. Resistance and deformation of clay soil. – Krasnodar: Publishing house KubGAU, 2014. – 161 p.

5. Rebinder P.A. Physico-chemical mechanics of disperse structures / In: Physico-Chemical Mechanics of Dispersed. – Moscow: Nedra, 1966. – P. 3-16.

6. Uryev N.B. Physico-chemical basis of technology of disperse systems and materials. – Moscow: Chemistry, 1988. – 256 p.

7. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. On the cyclicity of compressibility of soils under compression tests // Scientific works of the Kuban State Technological University. – Krasnodar: Kuban State Technical University, 2016, 3. – P. 317-331. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/872>.

8. Lyashenko P.A., Denisenko V.V. Mechanics of contact resistance of clayey soil under uniaxial compression // Scientific works of the Kuban State Technological University. – 2014, № 1. – P. 116-130. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/14>.

9. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. Resistance of the microstructure of clay soil to an external load // Engineering approaches to the solution of geotechnical problems: a collection of scientific works dedicated to the 80th anniversary of K.Sh. Shadunts. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – P. 48-53.

10. Lyashenko P.A., Denisenko V.V. Calculation of the microstructure characteristics of the soil in the experiment with compression of the sample // Polytematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2009. – № 45 (1). – P. 66-82. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2009/01/pdf/03.pdf>.

11. Lyashenko P.A., Denisenko V.V. Contact interaction of elements of a microstructure of a clay soil // The Polytechnical network electronic scientific magazine of the Kuban state agrarian university. – 2012, № 78 (04). – P. 291-318. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/25.pdf>.

12. Osipov V.I., Rashed M., Reznichenko A.P. Microtexture of clays and their long durability // Bulletin of the Moscow State University, ser. 4. Geology, vol. 2, 1988.

13. Theoretical foundations of engineering geology. Physico-chemical basis / Ed. Acad. E.M. Sergeeva. – Moscow: Nedra, 1985. – 288 p.

14. Kulchitsky L.I. The method of direct determination of the plasticity of clay rocks // Exploration and protection of mineral resources. – 1991, № 3. – P. 32-34.

15. Vyalov S.S. Rheological basis of soil mechanics. – Moscow: Higher School, 1978. – 447 p.

*ON MICROSTRUCTURE AND ITS RESTRUCTURING
FOR GROUND DEFORMATION*

P.A. LYASHENKO¹, V.V. DENISENKO²

¹*Kuban State Agrarian University,
13, Kalinina str., Krasnodar, Russian Federation, 350044,
e-mail: lyseich1@yandex.ru*

²*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya str., Krasnodar, Russian Federation, 350072,
e-mail: denvivi@yandex.ru*

The definition and description of the microstructure of the soil is described, the concepts of the mechanism of the restructuring of the microstructure of the soil during its deformation are described, and the data on the destruction of the microstructure in the macrovolume of the soil under the action of a compressive load are described. It is noted that the destruction of the soil is localized on slip sites, whereas the phenomenological description draws a zone that limits a certain volume in the ground body, on the outer boundary of which destruction occurs. Here the continuum model of destruction comes into conflict with observations. In addition, it does not describe such phenomena as the propagation of the fracture surface and the associated stepwise change in the strain fixed at the boundaries of the ground body.

Key words: microstructure of soil, clay particles, contact of clay particles, lamellar particles, microaggregate, slip sites.