

МИКРОСТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕССОВЫХ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ «PROMIK»

Е.И. Вяткина, И.В. Карелина

Приводятся количественные изменения микроструктуры просадочного грунта. Прослеживается динамика изменения основных ее структурных элементов под влиянием тяжелой трамбовки.

Ключевые слова: грунт, тяжелая трамбовка, микроструктура, частица, количественный анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Оценка прочностных и деформационных свойств лессовых просадочных грунтов юга Западной Сибири на микроструктурном уровне вызвано сложностью поведения данных грунтов в процессе их эксплуатации в качестве оснований зданий и сооружений.

На данной территории преобладают грунты с I типом грунтовых условий по просадочности, характерными особенностями гранулометрического состава которых являются: значительная агрегированность, ярко выраженная макропористость с уменьшением по глубине, неоднородность по площади и по вертикали, различные включения в виде линз и прослоек песка и др. [1].

Основанием зданий и сооружений в пределах этой территории являются суглинки и супеси. При замачивании под давлением, равным природному, просадка их практически близка к нулю; при замачивании под нагрузкой 0,3 МПа суглинки проявляют просадочные свойства.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Микроструктурные исследования лессовых просадочных грунтов проводились на образцах, отобранных с экспериментальной площадки, расположенной в юго-западной части г. Барнаула, в квартале 2001. На данной площадке размером 9×9 метров выполнялись исследования по уплотнению лессового просадочного грунта тяжелыми трамбовками массой 7 тонн. В геоморфологическом отношении район расположен на Приобском плато с превышением дневной поверхности над урезом левобережья р. Оби 50-60 метров. Грунтовые воды в районе экспериментальной площадки в пределах выработок глубиной до 20 метров не обнаружены.

После уплотнения площадки тяжелой трамбовкой массой 7 тонн отбирались образцы грунта через каждый метр до глубины 6 метров. Микроструктурные особенности оценивались для каждой из этих групп по глубинам.

Образцы грунта готовились для микроструктурных исследований способом изготовления аншлифов с последующей их сушкой путем вакуумного сублимирования в условиях глубокого вакуума на приборе ВУП-5. Затем выполнялись снимки поверхности образцов грунта растровым электронным микроскопом TESLA BS300 (рисунок 1) с последующим сканированием и оцифровкой их для электронного анализа на ПЭВМ. РЭМ-фотографии выполнялись с увеличением от 50 до 3000 раз, т.е. перекрывающие весь диапазон встреченных размеров элементов грунта. Обработка результатов морфометрических и геометрических характеристик выполнялась с использованием разработанной на кафедре «Оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова программы «Promik» по образцам грунта с увеличением ×350 и ×1000 (рисунок 1).

На основе количественной обработки изображения микроструктуры лессового просадочного грунта с использованием программы «Promik» были получены данные морфометрических и геометрических характеристик грунта по двум группам: порового пространства и частиц (глобул, микроагрегатов, зерен и т.п.) в виде гистограмм распределения и роз ориентации. Полученные данные представлены в таблицах, которые явились основой для построения графиков зависимости средней площади элементов и вероятности максимальной ориентации от глубины (рисунки 2, 3).

По результатам компьютерного анализа частиц лессового грунта можно проследить изменение структуры грунта, в зависимости от глубины уплотняемой толщи, от матричного (на глубине 1-2 м) до скелетного (на глубине 4-6 м) типов. До глубины 2 м среднее значение площади частиц остается на одном и том же уровне – структура грунта представляет собой сплошную массу – однородную тонкодисперсную матрицу; воздействие ди-

намических импульсов при уплотнении трамбовкой привело к разрушению частиц на более мелкие элементы – глобулы, агрегаты. Их число среди общего количества составляет около 80%. Очертания частиц на глубине 1-2 м имеют довольно изрезанную неправильную форму – это результат частичного разрушения элементов структуры грунта. На это же указывает слабая ориентация частиц $P_{\max \text{ op.}} = 0,130-0,321$.

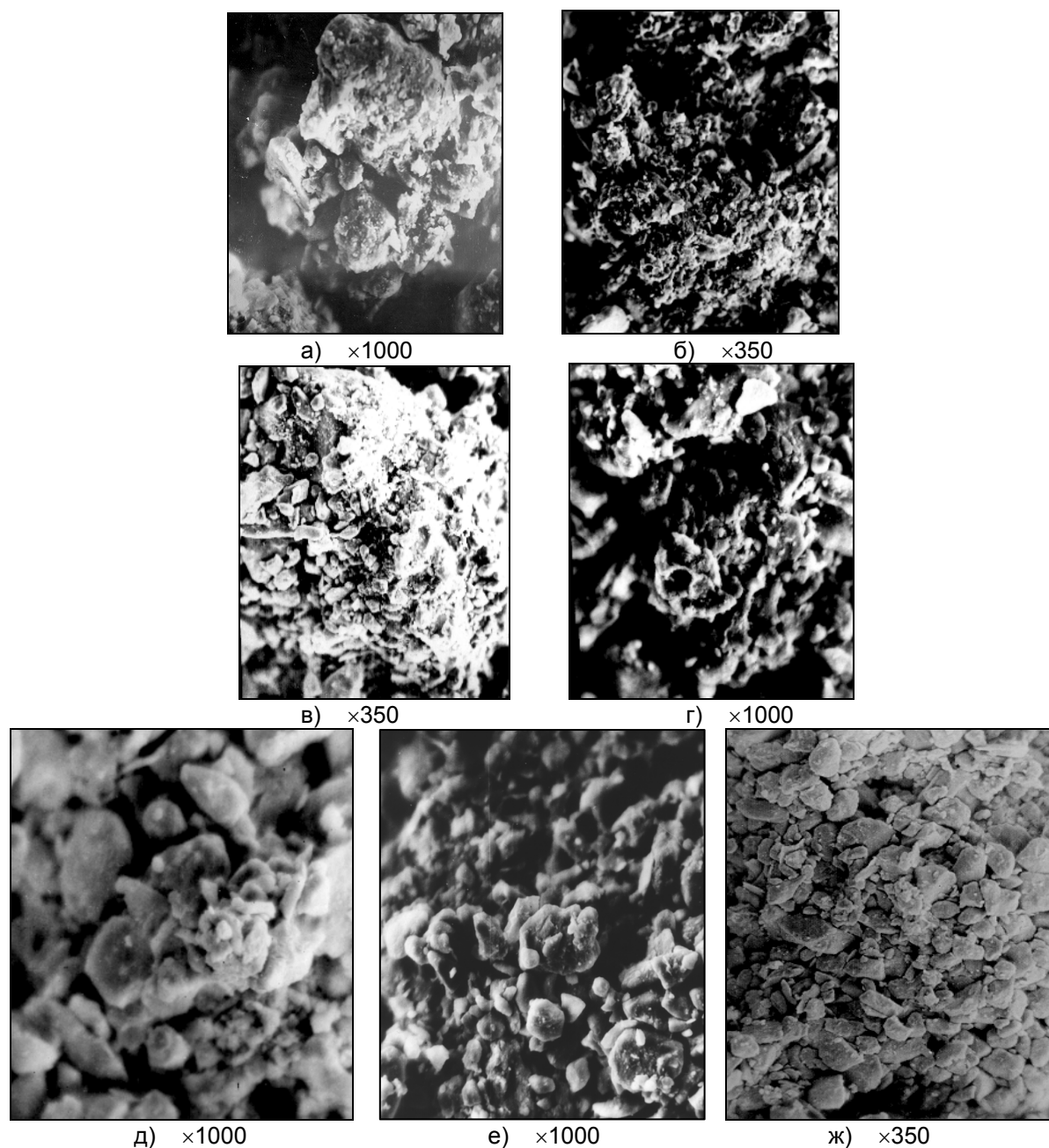


Рисунок 1 – Микроструктура лессового грунта естественного сложения и после уплотнения трамбовкой массой 7 тонн на различной глубине: а) в естественном состоянии; б) глубина 1,0 м; в) глубина 2,0 м; г) глубина 3,0 м; д) глубина 4,0 м; е) глубина 5,0 м; ж) глубина 6,0 м

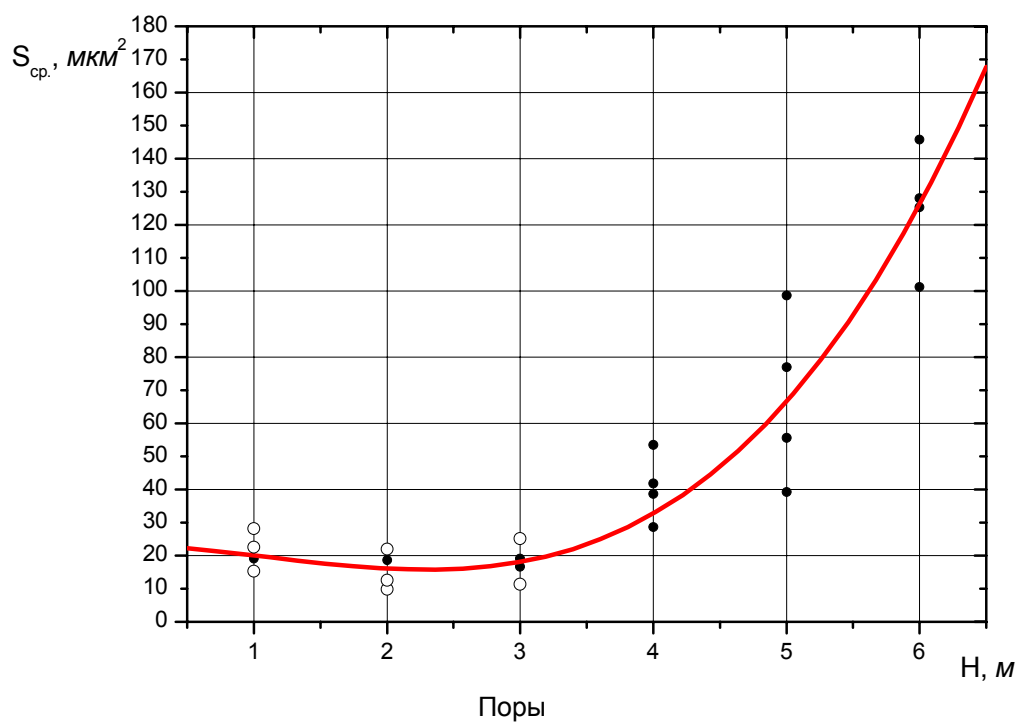
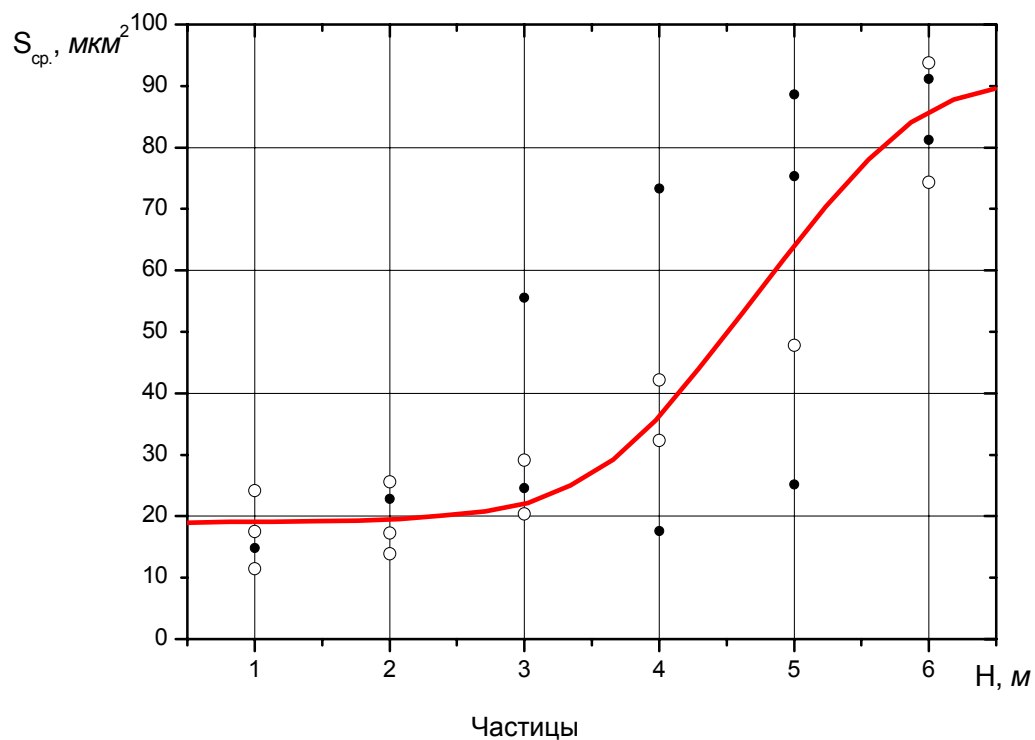


Рисунок 2 – График изменения средней площади элементов по глубине

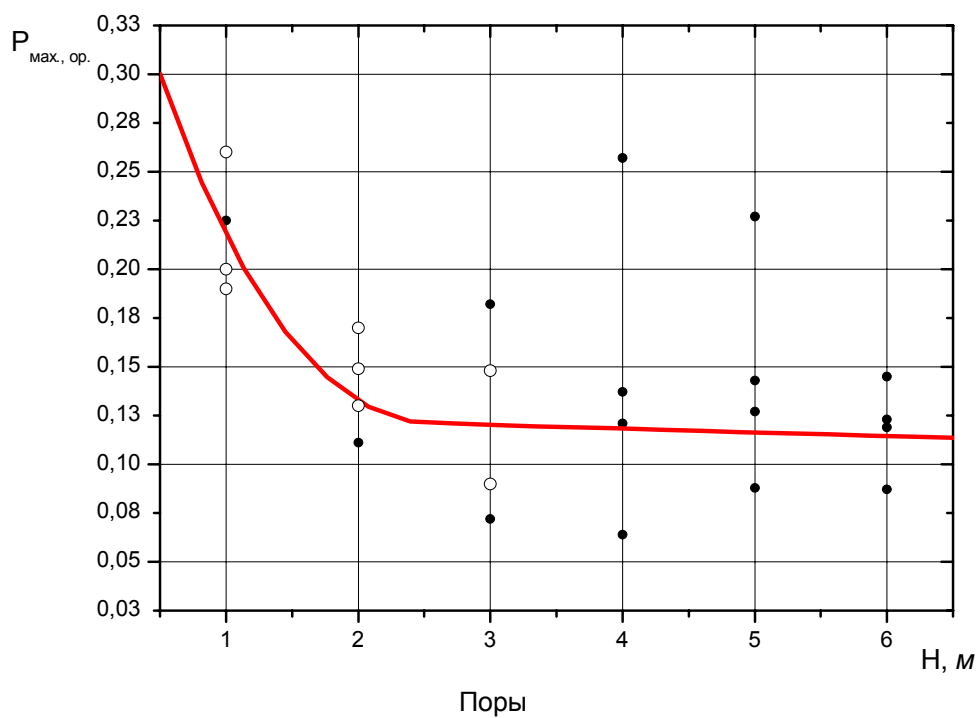
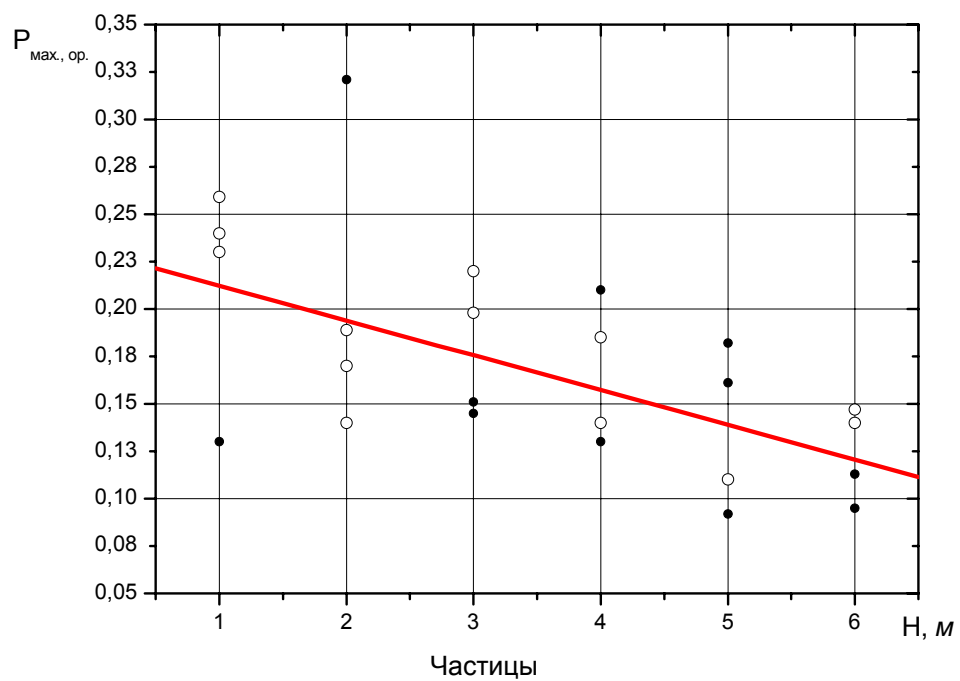


Рисунок 3 – График изменения вероятности максимальной ориентации элементов по глубине

МИКРОСТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕССОВЫХ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ «PROMIK»

С глубины 3 м и более происходит постепенное увеличение значения средней площади элементов. Среди общего числа элементов мелкие частицы занимают, по прежнему, лидирующее положение – около 80%, но их размеры увеличились. Поверхность частиц остается изрезанной, но форма их становится все более близкой к окружности - $P_{\max \text{ оп.}} = 0,145-0,151$. В результате строение грунта медленно возвращается к своему природному строению – скелетной структуре. Глубину 3 м при этом можно рассматривать как переходный этап, на котором строение микроструктуры грунта оценивается как скелетно-матричное [2].

На глубине с 4 до 6 м структура грунта визуально постепенно возвращается к природному сложению – сказывается уменьшение влияния трамбования на дробление частиц лессового грунта. В образце встречается большое количество мелких элементов, но с увеличением глубины растут их размеры. Возрастает вероятность увеличения площади частиц, занимающих промежуточное значение между мелкими и крупными – это глинисто-пылеватые агрегаты и зерна. Твердые структурные элементы с увеличением глубины становятся все более рыхлыми и округлыми - $P_{\max \text{ оп.}} = 0,13-0,095$. Эти количественные показатели позволяют отнести структуру грунта на глубине 4-6 м к скелетному типу (по В.И. Осипову) [2].

Количественная оценка порового пространства показала, что до глубины 3 м средний диаметр пор не превышает 3,5 мкм. Среди общего количества большое число мелких пор – по доле суммарных площадей они занимают лидирующее положение. Это объясняется тем, что грунт приобрел более плотную структуру. Начиная с глубины 3 м, отмечается постепенное увеличение элементов порового пространства в размерах (рисунок 2) и возрастание величины вероятности суммарной площади крупных элементов. Вероятность максимальной ориентации пор резко снижается почти до глубины 3 м (рисунок 3), а далее наблюдается постепенное уменьшение этого показателя с увеличением процентного содержания не ориентированных

пор. Все это говорит о постепенном прекращении влияния уплотнения трамбовкой массой 7 тонн с глубины 3 м. При этом микроструктура лессового грунта на глубине 3 м может рассматриваться как переходный этап между двумя наблюдаемыми структурами: матричной и скелетной.

Выполненные исследования микроструктуры лессового просадочного грунта при уплотнении трамбованием позволяют сделать следующие выводы.

ВЫВОДЫ

1. Уплотнение лессового грунта тяжелыми трамбовками массой 7 тонн приводит к коренному изменению его микроструктуры. Под действием динамической нагрузки происходит максимальное сближение частиц грунта, сопровождающееся процессом частичного и полного разрушения агрегатов и микроагрегатов. Максимальное уплотнение грунта приводит к формированию новой матричной структуры, отличающейся от природной минимальной и относительно однородной пористостью массы взаимно заклинившихся частиц, получивших наиболее плотную упаковку и увеличение числа контактов между ними. Это приводит к устранению просадочных свойств лессового основания и повышению его прочностных и деформационных характеристик.

2. Исследование уплотненного грунта на микроуровне позволило проследить динамику изменения основных структурных элементов лессового грунта – песчано-пылеватых частиц, глинистого материала и пористости на различных горизонтах уплотненной толщи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лессовые породы Западной Сибири и методы устройства оснований и фундаментов: Моногр. Г.И. Швецова – М.: Высшая школа, 2000. – 244 с.
2. Осипов В.И., Соколов В.Н., Румянцева Н.А. Микроструктура глинистых пород / Под ред. академика Е.М. Сергеева - М.: Недра, 1989. - 211 с.