

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ СВОЙСТВ И СОСТАВА ЛЕССОВОГО ПРОСАДОЧНОГО ГРУНТА С ПАРАМЕТРАМИ ЕГО МИКРОСТРУКТУРЫ

Е.И. Вяткина, Н.Я. Тейхреб

Исследования, направленные на выявление различного рода связей между показателями состава, состояния и свойств грунтов, занимают важное место в инженерной геологии.

К числу наиболее часто встречающихся в инженерно-геологической практике задач, решаемых на основе теории корреляции, следует отнести задачу оценки прочностных и деформационных свойств грунта по результатам определения его водно-физических и физико-механических свойств и гранулометрического состава.

С целью выявления связи между морфометрическими и геометрическими признаками микроструктуры, составом породы и ее физико-механическими свойствами была проанализирована группа образцов лессового присадочного грунта Приобского плато (г. Барнаул) как в естественном состоянии, так и после влияния различных механических воздействий - компрессионное уплотнение и сдвиговые деформации грунта естественной влажности и в состоянии полного водонасыщения. С помощью количественного анализа РЭМ-изображений были получены такие морфометрические и геометрические характеристики микроструктуры, как общий периметр пор P_{per} и общая площадь пор S .

Указанные морфометрические характеристики коррелировались с микроагрегатным составом, плотностью сухого грунта, модулями общей деформации.

Корреляционный анализ выполнялся на ЭВМ по программе "Microcal Origin. Version: 3.5" Microcal Software, Inc». Теснота связи полученных зависимостей оценивалась корреляционным отношением. Если величина корреляционного отношения близка к единице, то найденная регрессия близка к строго функциональной.

Для решения поставленной задачи был выполнен корреляционный анализ зависимости содержания микроагрегатов размером 0,25-0,01 мм от общего периметра и общей площади пор. Обоснованность использования данных именно по микроагрегатному составу обусловлена тем, что основными структурными элементами грунта являются не первичные частицы, а их микроагрегаты, а в

исследуемой породе преобладают фракции 0,25-0,05 мм и 0,05-0,01 мм.

Результаты корреляционного анализа показывают, что между содержанием микроагрегатов размером 0,25-0,01 мм ($M_{0,25-0,01}$) и морфометрическими характеристиками порового пространства (общий периметр P_{per} и общая площадь пор S) существует тесная корреляционная связь. Регрессионные уравнения и коэффициенты корреляции (R) имеют следующий вид и значения:

для грунта естественной влажности

$$M_{0,25-0,01} = 206,1893 - 21,8332 P_{\text{per}}; \quad (1)$$

$$R_{M-P_{\text{per}}} = -0,957.$$

$$M_{0,25-0,01} = 23,0115 + 58,0880 S; \quad (2)$$

$$R_{M-S} = 0,944.$$

для водонасыщенного грунта

$$\tilde{M}_{0,25-0,01} = 52,4537 + 5,7440 P_{\text{per}}; \quad (3)$$

$$\tilde{R}_{\tilde{M}-P_{\text{per}}} = -0,974.$$

$$\tilde{M}_{0,25-0,01} = 30,0956 + 52,8181 S; \quad (4)$$

$$\tilde{R}_{\tilde{M}-S} = 0,887.$$

Одним из важных показателей, характеризующих состояние глинистой породы, является плотность сухого грунта ρ_d , которая наряду с минеральным составом обуславливает ее пористость n .

Для проверки этой закономерности для анализируемого лессового просадочного грунта была изучена корреляционная зависимость величины ρ_d , рассчитанной по стандартной методике, от морфометрического параметра микроструктуры - общей площади пор S , функционально связанного с пористостью породы. Величины ρ_d и S определялись как для грунта естественного сложения, так и при различных ступенях компрессионного уплотнения образцов природной влажности и при водонасыщении.

Результаты исследований показали, что зависимость $\rho_d = f(S)$ характеризуется обратной корреляционной связью с высокими коэффициентами корреляции:

для грунта естественной влажности

$$\rho_d = 2,0560 - 0,6345S; \quad (5)$$

$$R_{\rho_d-s} = -0,943;$$

для водонасыщенного грунта

$$\rho_{d^v} = 1,9806 - 0,5823S; \quad (6)$$

$$R_{\rho_d-s^v}^v = -0,802.$$

Важное значение имеет изучение взаимосвязи прочностных и деформационных свойств грунта с параметрами микроструктуры и микроагрегатным составом грунта.

В связи с этим была проанализирована зависимость модуля общей деформации грунта E от морфометрического параметра микроструктуры - общей площади пор S и содержания микроагрегатов преобладающих фракций M . Модуль деформации рассчитывался для компрессионной нагрузки от 0,05 до 0,3 МПа через каждые 0,05 МПа.

Результаты многофакторного корреляционного анализа позволили получить следующие уравнения множественной регрессии и коэффициенты корреляции:

для грунта естественной влажности

$$E = 2,395 + 0,597M - 46,455S; \quad (7)$$

$$R_E = 0,984;$$

для водонасыщенного грунта

$$E^v = -10,627 + 0,2113M - 2,835S; \quad (8)$$

$$R_E^v = 0,969.$$

Высокие значения коэффициентов корреляции позволяют говорить о возможности использования выведенных регрессионных уравнений для расчета модулей деформации лессового грунта при различных ступенях компрессионного уплотнения по данным микроагрегатного состава и количественного анализа РЭМ-изображений микроструктуры грунта.

В целом проведенные исследования позволили сделать следующие выводы.

Выявленные взаимосвязи состава и свойств глинистого грунта с морфометрическими параметрами их микроструктуры, определенными с помощью количественного анализа РЭМ-изображений, а также содержанием основных элементов структуры (микроагрегатов) показали, что для одной из распространенных генетических групп глинистых пород - лессовых просадочных - существует ряд очень тесных корреляционных зависимостей.

Это позволяет использовать результаты количественного анализа микроструктуры для определения ряда физико-механических характеристик грунта и прогнозной оценки их прочностного и деформационного поведения.