

НОВИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ДИСПЕРСНОСТІ ПРОСАДНИХ ҐРУНТІВ ПРИДНІПРОВСЬКОГО РЕГІОНУ

Мокрицька Т.П., Самойлич К.О.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара
м. Дніпро, Україна

АНОТАЦІЯ: Мета досліджень – ввести новий метод визначення дисперсності просадних ґрунтів при вивченні інженерно-геологічних умов Придніпровського регіону, що враховуватиме зміни мікроструктури ґрунтів при техногенезі. Досліджені дисперсні просадні ґрунти балки Євпаторійська, м. Дніпро.

АННОТАЦИЯ: Цель исследований – ввести новый метод определения дисперсности просадочных грунтов при изучении инженерно-геологических условий Приднепровского региона, который будет учитывать изменения микроструктуры грунтов при техногенезе. Исследованы дисперсные просадочные грунты балки Евпаторийская, г. Днепр.

ABSTRACT: The aim of research to introduce a new method for determining the dispersion of soil subsidence in the study of engineering-geological conditions of the region Dnieper, which will take into account the changes in the microstructure of the soil at technogenesis. Investigated dispersed soil subsidence Evpatoriskaya gully, of the Dnipro.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: мікроструктура, агрегати, дисперсний ґрунт.

ВСТУП

Дисперсні ґрунти являють собою багатокомпонентні та багатофазні системи, що складені мінеральними частинками, пори між якими заповнені повітрям та водою в різних видах та станах. Дисперсні утворення існують в природі завдяки наявності тонких міжфазних гідратних плівок на поверхні мінеральних частинок. Гідратні плівки обумовлюють специфічні властивості дисперсних систем, а саме, здатність до агрегування та диспергування, пластичність, набухання, стискання та ін.

Для моделювання процесу руйнації мікроагрегатів необхідно чітко розуміти як, на скільки сильно та чому він проходить. Різні способи підготовки до гранулометричного аналізу показують досить значні відмінності між виходом частинок однакових фракцій. Стандартна методика, попри всі свої позитивні риси та легкість виконання, визначає дисперсність у реальних умовах, без прогнозу змін при додаткових навантаженнях на масив. Техногенно навантажений ґрунтовий масив Придніпровського регіону потребує розширення уявлень про гранулометричний склад ґрунтів, що його складають. Він постійно змінюється, у зоні зволоження проходить значна перебудова структури та зміна пористості ґрунтів. Вода, що поступає в лесові ґрунти по активним порам та тріщинам, послаблює та руйнує неводостійкі структурні зв'язки та мікроагрегати. При цьому різко зменшується капілярний тиск, що так само призводить до зниження зчеплення між частинками ґрунтів. Одночасно проходить руйнація неводостійких мезо- та мікроагрегатів, що складають основу неводостійкої системи лесових ґрунтів. В них зберігаються пилюваті та дрібнопіщані частинки та водостійкі мікроагрегати. Насичення ґрунтів водою призводить до швидкої втрати структурного зчеплення та зниження кута внутрішнього тертя, розмокання та ущільнення.

Мета досліджень – ввести новий метод визначення дисперсності просадних ґрунтів при вивченні інженерно-геологічних умов Придніпровського регіону, що враховуватиме зміни мікроструктури ґрунтів при техногенезі.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мінерали лесових порід групуються в агрегати, що поєднуючись разом, створюють рихлу будову. Виділяють неводостійкі та водостійкі агрегати. Неводостійкі складаються з уламкових зерен, невеликої кількості гідрослюди, карбонатів та водорозчинних солей. Відносно водостійкі агрегати мають достатньо багато цементу плівкового типу, що складається з глинистих частинок у присутності гумусових колоїдів, окислів та

гідроокислів заліза та алюмінію, високодисперсного кварцу; спостерігаються також кристалізаційні зв'язки за рахунок карбонатів та водорозчинних солей. Глинисті частки представлені гідрослюдою та монтморилонітом. В їх обмінному комплексі переважає кальцій.

Усі дисперсні гірські породи складаються з частинок одної або, частіше за все, декількох фракцій. Під фракцією розуміють групу частинок визначеного розміру, що мають деякі достатньо постійні загальні фізичні властивості. Існуючі нині методики зазвичай вивчають структурні елементи ґрунтів в обмеженому діапазоні розмірів. Для растрової електронної мікроскопії (РЕМ), розмір досліджуваних об'єктів складає 0,01...100 мкм [1]. Для рентгенівської комп'ютерної мікротомографії (μКТ) – 0,1...10 мм. Для гранулометричного аналізу від 0,001 до більше 10 мм. При виконанні своїх досліджень ми визначали відсотковий вміст фракцій наступного діаметру: 2,0; 1,0; 0,5; 0,25; 0,1; 0,05; 0,01; 0,005; 0,002; 0,001; <0,001 мм. Агрегати та частинки кожного з розмірів проявляють характерні саме для цього розміру властивості. Їх поєднання в свою чергу формують загальні фізичні та фізико-механічні властивості ґрунту в цілому, а ті в свою чергу лесового масиву. Так, однією з причин просадних деформацій є наявність у породі частинок розміром 0,25...0,05 мм, руйнування яких під зовнішніми факторами спричиняють просадку. Частинки розміром <0,01 мм виявляють броунівський рух, коагулюють та надають ґрунту зв'язність. Частинкам розміром 0,02...0,002 мм властиві коагуляція, високе капілярне підняття води та мала водопроникність.

Зміна мікроструктури ґрунтів у процесі деформування полягає в розпаді агрегатів ґрунтів, зміщені та перекомпоновці частинок, їх переорієнтації та у розвитку дефектів структури – розривів та порушень зв'язків у каркасі ґрунтів та утворення мікротріщин. Зміни відносного вмісту компонентів при промерзанні, відтаюванні та зміні вологості впливають на фізико-механічні, електростатичні, хімічні та інші властивості дисперсних ґрунтів. Характер та ступінь змін при зволоженні залежить від зовнішніх (інтенсивність фільтраційного потоку, кількість прибуваючої води, тривалість її дії) та внутрішніх (структурно-текстурні особливості лесових ґрунтів, їх хіміко-мінералогічний склад, кількість та склад наявних мінеральних солей) факторів. Постійна зміна зовнішніх факторів у великих містах впливає на зміну гранулометричного складу, що в свою чергу впливає на перебудову мікроструктури лесових ґрунтів. Мікроструктура є основою фізичних, фізико-механічних, фізико-хімічних властивостей лесових ґрунтів.

Дослідження дисперсності просадних ґрунтів Придніпровського регіону базуються на методі «Мікроструктура» [3, 4]. Для його реалізації виконують гранулометричний аналіз методом піпетки з трьома способами підготовки ґрунтів до нього – дисперсному, стандартному та агрегатному.

За дисперсної підготовки руйнується максимальна кількість агрегатів, проходить фізико-хімічне заміщення двовалентних катіонів кальцію та магнію, що входять до складу ґрунтів, на одновалентні катіони натрію. За агрегатної підготовки руйнуються тільки водонестійкі агрегати, при тривалому збовтуванні ґрунту з дистильованою водою протягом 2 годин на встряхувальному апараті. Вони здатні змоделювати як найменший, так і найбільший розпад агрегатів, що є дуже важливим при оцінці стану масиву і запобіганню катастрофічних наслідків.

Територія дослідження, балка Євпаторійська, знаходиться в південній частині міста Дніпро, між балками Тунельна та Відлога [2]. У геоморфологічному відношенні досліджувана територія балки Євпаторійська розташована в межах терасованого вододільного схилу правого берега р. Дніпро, глибоко й інтенсивно порізаного яружно-балковою мережею. Досліджувались еолово-делювіальні та елювіальні суглинки та супіски, відібрані з лівого борту у нижній частині балки Євпаторійська. За класифікацією Веклича М.Ф. та фізичними характеристиками виділено 3 горизонти: тясминські супіски (vd P_{II} ts), дніпровські лесові супіски (vd P_{II} dn) та завадівські суглинки (e P_{II} zv). Для проведення лабораторних досліджень відібрані моноліти кожного з ґрунтів у кількості, достатній для лабораторного аналізу та подальшої статистичної обробки.

Фізичні та фізико-механічні властивості ґрунтів визначались самостійно на базі науково-дослідної лабораторії НДІ геології ДНУ та лабораторії ґрунтознавства та механіки ґрунтів ДААДУ «Укравтодор», відповідно до чинних ДБН та ГОСТ. Визначення гранулометричного складу проведено трьома способами підготовки до аналізу (дисперсний, напівдисперсний (стандартний), агрегатний) для ґрунтів у природному стані. Кількість зразків кожного ґрунту – шість. Три способи підготовки були обрані для моделювання різного ступеню розпаду агрегатів: частковий розпад – напівдисперсна (стандартна) підготовка; максимальний розпад агрегатів – дисперсна; розпад тільки водонестійких агрегатів – агрегатна.

Відповідно до розміру виділяють шість типів агрегатів: середньокрупнопіщані (1,00...0,25 мм), тонкодрібнопіщані (0,25...0,05 мм), крупнопилуваті (0,05...0,01 мм), мілкопилуваті (0,01...0,002 мм), грубоглинисті (0,002...0,001 мм) та тонкоглинисті (< 0,002 мм). Коефіцієнт мікроагрегатності для кожної фракції визначався як різниця між їх вмістом за дисперсною та агрегатною підготовками. За ним можна оцінити ступінь агрегованості ґрунтів, визначити кількість та розмір агрегатів. Якщо K_{ma} з від'ємним знаком, то вміст фракції відповідного розміру зменшується за рахунок руйнування цих агрегатів [4]. Якщо K_{ma} з додатнім знаком, то при руйнуванні визволились частинки меншого розміру та склали «прибавку»

відповідній фракції, що може призвести до зміни фізичних та фізико-механічних властивостей. Ця методика на відміну від стандартної враховує ці зміни.

В залежності від кількості агрегатів виділяються скелетний ($A \leq 10$), агреговано-скелетний ($10 < A \leq 25$), скелетно-агрегований ($25 < A \leq 40$) та агрегований ($A > 40$) тип мікроструктури. Тип структурної моделі визначається за двома показниками: розміром переважаючих структурних елементів та коефіцієнтом елементарності, що показує долю первинних частинок в загальній сумі структурних елементів.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За дисперсною та агрегатною підготовками максимальна кількість припадає на тонко-дрібнопіщану (0,25...0,05 мм) та крупнопиловату (0,05...0,01 мм) фракції. За дисперсної підготовки проходить розпадання агрегатів ґрунту до дрібнопиловатих, грубоглинистих та тонкоглинистих частинок. Саме ця підготовка дозволяє виділити значну кількість грубо- та тонкоглинистих частинок. Загалом, за стандартною методикою вміст крупнопиловатих частинок на 10...20 % більший, ніж за агрегатної та дисперсної. Проте вона не дозволяє у повній мірі виділити фракції меншого розміру. Найбільший вміст глинистих частинок розміром $< 0,002$ мм виділяється за дисперсної підготовки ґрунтів до гранулометричного аналізу, найменший – за агрегатної.

За результатами розрахунку коефіцієнту мікроагрегатності, для тясминського ($vd P_{II} ts$) ґрунту характерне незначне зменшення тонко-дрібнопіщаної (14 %), крупнопиловатої (20 %) та дрібнопиловатої (1,5 %) фракцій ґрунту, за рахунок чого збільшився вміст грубо- (7,9 %) та тонкоглинистої (17 %) фракцій. Внаслідок руйнування агрегатів вміст крупнопиловатої фракції дніпровського ($vd P_{II} dn$) ґрунту зменшився на 39 %. Частинки, що її склали, стали «прибавкою» фракцій меншого розміру, яка для грубоглинистої склала 18 %. У завадівських ($e P_{II} zv$) ґрунтах також руйнуються частинки крупнопиловатої фракції (від 16 до 43 %), натомість кількість тонкоглинистої фракції збільшується (до 30 %). Таким чином, руйнування мікроструктури ґрунтів внаслідок руйнування агрегатів під час гранулометричного аналізу призвело до зміни відсоткового вмісту практично всіх фракцій. Це у свою чергу може стати причиною значної зміни фізичних, фізико-механічних та фізико-хімічних властивостей ґрунтів.

За кількістю агрегатів визначено, що досліджувані ґрунти належать до змішаного агреговано-скелетного ($vd P_{II} ts$) та скелетно-агрегованого типів ($vd P_{II} dn$, $e P_{II} zv$). Загальна кількість агрегатів збільшується вниз за розрізом, від 16,9 % для $vd P_{II} ts$, до 34,75 % для $e P_{II} zv$. Загальна кількість

крупно- та дрібнопиловатих частинок так само збільшується з глибиною від 52,5 до 77,0 %, що обумовлено злипанням більш дрібних частинок при збільшенні навантаження від вищезалігаючих горизонтів. Загальна кількість (первинних і в складі агрегатів) частинок розміром $< 0,002$ мм також збільшується з глибиною від 12,3 до 31,3 %, що обумовлено виносом глинистих частинок у нижчезалігаючі горизонти.

Для $vd P_{II}$ ts ґрунту агрегати складаються з середньокрупнопіщаних та тонкодрібнопіщаних частинок, для $vd P_{II}$ dn та $e P_{II}$ zv значну перевагу мають тонкодрібнопіщані частинки. За кількістю частинок у складі агрегатів для $vd P_{II}$ ts та $vd P_{II}$ dn більшість тонкодрібнопіщані та крупнопилуваті, а для $e P_{II}$ zv – тонкодрібнопіщані, крупнопилуваті та тонкоглинисті мають практично однакову кількість.

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження показали, що постійний техногенний вплив на ґрунтовий масив призводить до перебудови мікроструктури дисперсних ґрунтів. Наслідком цього є зміна фізичних, фізико-механічних та інших властивостей. Застосований метод «Мікроструктура» при визначенні дисперсності лесових ґрунтів, на відміну від стандартного гранулометричного аналізу, здатний врахувати зміни у мікроструктурі ґрунтів, що виникають при зовнішньому та внутрішньому впливі на них. Тож, новий метод визначення дисперсності просадних ґрунтів враховує динаміку руху мікроструктури дисперсних ґрунтів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Grabowska-Olszewska B. (1989). Skeletal microstructure of loesses – its significance for engineering-geological and geotechnical studies // *Appl. Clay. Sci.* 1989. Vol. 4. - P. 327-336
2. Моніторинг земель та стану геологічного середовища балки Євпаторійської (Дніпропетровськ) / [Л.Д. Богаченко, Л.І. Осадча, Т.Д. Прокопенко, Т.В. Сібуль] // *Вісник Дніпропетровського ун-ту. Серія: Геологія. Географія*, 2015. - №23 (1). - С. 17-23.
3. Особенности микростроения и фрактальной структуры лессовых отложений Среднего Приднепровья и юга Восточной Сибири / [Т.Г. Рященко, В.М. Шестапалов, В.В. Акулова и др.] // *Известия вузов. Геология и разведка*, 2014. -№ 5. – С. 37 – 42.
4. Рященко Т.Г. Региональное ґрунтоведение (Восточная Сибирь). - Иркутск: ИЗК СО РАН, 2010. – 287 с.

REFERENCES

1. Grabowska-Olszewska B., 1989. Skeletal microstructure of loesses – its significance for engineering-geological and geotechnical studies// Appl. Clay. Sci. 1989. Vol. 4. P. 327-336
2. Bogachenko, L.D., Osadcha, L.I., Prokopenko, T.D., Sibul T.V., 2015. Monitoring of the land and geological environment condition in the Eupatorijska arroyo in Dnipropetrovsk. Dnipropetrovsk University bulletin. Geology, geography Vol 23, No 1, 17-23 doi: 10.15421-111502 (in Ukrainian)
3. Рященко Т.Г. Ryaschenko, T.G., Shestopalov, V.M., Akulova, V.V., Mokritskaya, T.P., Samoylich, K.A., 2014. Feature of the microstructure and the fractal structure of the Middle Dnieper and south of Eastern Siberia loess deposits. Proceedings of the higher educational establishments: Geology and Exploration. 5. 37 – 42. (in Russian)
4. Рященко, Т. Г. Ryaschenko, T.G., 2010. Regional Soil (Eastern Siberia) Irkutsk: Earth Crust SBRAS (in Russian).

Стаття надійшла до редакції 27.07.2016 р.