

УДК 624.131.4

Зміни параметрів мікроструктури лесових ґрунтів під час фільтрації

К. О. Самойлич, Т. П. Мокрицька

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна, kseniya.sam@mail.ru

Підвищення рівня ґрунтових вод, передача постійних та тимчасових статичних та динамічних навантажень, зміна теплового режиму викликають зміни стану ґрунтового масиву, властивостей ґрунтів як у зоні повного водонасичення, так і в зоні аерації. Висока вразливість структурно-текстурних ознак ґрунтів в процесі техногенного впливу сприяє їх швидкій деградації (Mokritskaya, 2010). Процес деградації властивостей, структури та стану ґрунтів лежить в основі суфозійних, просадних та гравітаційних природно-техногенних явищ та потребує довивчення (Mokritskaya, 2013). Мета дослідження – визначення змін параметрів мікроструктури лесових ґрунтів у результаті фільтрації. Об'єкт – еолово-делювіальні суглинки та супіски, відібрані у балці Євпаторійська (м. Дніпро). Предмет – вплив фільтрації води на зміну мікроструктури ґрунтів. Результати досліджень показали, що найбільший винос частинок розміром 0,25 – 0,05 мм спостерігається в eP_{II} ґрунтах, переважно виносяться частинки тонкодрібнопідшаної фракції, які є своєрідною добавкою до крупнопилуватої фракції. Виявлено, що на параметри мікроструктури еолово-делювіальних відкладів фільтрація води крізь породу практично не вплинула, на відміну від елювіальних відкладів, які через більший вміст іонів Ca^{2+} (для eP_{II} зв він складає 0,6 ммоль/ 100 г ґрунту) здатні до більшого виносу частинок. Можливо, через те, що агрегатний спосіб підготовки відображає зміни у кількості водонестійких агрегатів, а вони не відбулись, фільтрація води через породу викликає більш складні перетворення мікроструктури, ніж просто винос частинок у нижчезалігаючі горизонти. Перебудова структури відбувається на іонному рівні і саме його відображають дисперсний та стандартний способи підготовки. Тож для виявлення змін параметрів мікроструктури впродовж фільтрації доцільно використовувати методику «Мікроструктура». У результаті фільтрації протягом досліджуваного періоду зміна мікроструктури не відбулася, спостереження проводились до стабілізації винесених частинок, що дозволяє нам вважати ці результати правильними.

Ключові слова: агрегати, мікроструктура, ґрунти, фільтрація

Change in the parameters the microstructure of loess soil during filtration

K. O. Samoilych, T. P. Mokritskaya

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, Ukraine, kseniya.sam@mail.ru

Increasing the level of groundwater of permanent and temporary transfer of static and dynamic loads, changing the thermal regime lead to changes in the state of the soil mass, soil properties as a complete water saturation zone and in the zone of aeration. The high vulnerability of structural and textural characteristics of soils in the man-made impact contributes to their the rapid degradation. Degradation of properties and structure of soil is the basis suffusion, subsidence and gravity of natural and industrial disasters and requires further to study (Mokritskaya, 2013). The purpose of research is to determine changes in the parameters of the microstructure of loess soils as a result of filtering. The object is aeolian and deluvial loams and sandy selected in the gully Yevpatorian (Dnipro). The subject is the effect of filtering water to change the microstructure of the soil. The results showed that the biggest removal particles of 0.25 — 0.05 mm observed in eP_{II} ґv soils, mostly fine particles are made of finely sand fraction, which is kind of addition to the large silty fractions. Revealed that the microstructure parameters aeolian-diluvial deposits filtering virtually no effect, unlike eluvial deposits, which due to larger content of ions Ca^{2+} (for eP_{II} ґv it is 0.6 mmol/100 g soils) capable of greater particle transfer. Perhaps because the aggregate method of preparation reflects changes in the quantity of unstable water aggregates but it they are not took place, filtering water through rock leads to more complex transformations mikrostrukture than just the removal of particles in the lower horizons bedding. The restructuring is to ionic levels and that it reflect the standard and dispersed methods of preparation. Therefore, to identify changes in microstructural parameters for filtering technique should be used «microstructure» (Ryaschenko, 2010). As a result of filtering during the period microstructure change did not take place, the observation was carried out to stabilize the rendered particles allows us to consider these results conditionally correct.

Keywords: aggregates, microstructure, loess, filtration.

Вступ. Підвищення рівня ґрунтових вод, передача постійних та тимчасових статичних та динамічних навантажень, зміна теплового режиму викликають зміни стану ґрунтового масиву, властивостей ґрунтів як у зоні повного водонасичення, так і в зоні аерації. Висока вразливість структурно-текстурних ознак ґрунтів у процесі техногенного впливу спричинює їх швидку деградацію (Mokritskaya, 2010). Під деградацією лесових ґрунтів розуміють «розлесування: ущільнення, втрату просадних властивостей, зникнення характерної текстури, вилуговування» (Krieger, 1965). Процес деградації властивостей, структури та стану ґрунтів лежить в основі суфозійних, просадних та гравітаційних природно-техногенних явищ та потребує подальшого вивчення (Mokritskaya, 2013). Мета досліджень – визначення змін параметрів мікроструктури лесових ґрунтів у результаті фільтрації. Об'єкт – вплив фільтрації води на зміну мікроструктури ґрунтів. Предмет – еолово-делювіальні суглинки та супіски, відібрані у балці Євпаторійська (м. Дніпро).

Матеріали та методика досліджень. Механізм руху води через дисперсну систему показано таким чином. Фільтрація води проходить перш за все по найбільш крупним порах, які не повністю зайняті зв'язаною водою. В порах меншого розміру за впливу градієнта напору проходить витискання частини порової води, що найменше міцно зв'язана зі стінками пор, через частково звільнений поровий простір відбувається фільтрація води. Через найменші пори фільтрація води практично не здійснюється, або ж дуже мала. (Goldberg, Skvortsov, 1986) За тривалого зволоження в лесових ґрунтах відбувається процес розчинення та виносу водорозчинних солей (NaCl , Na_2SO_4 , CaCl_2 , MgSO_4 , MgCl_2 , NaNO_3 , NaCO_3) (Kirillov, 1962).

Дисперсні ґрунти являють собою багатокомпонентні та багатозазні системи, складені мінеральними частинками, пори між якими заповнені повітрям та водою в різних видах та станах. Дисперсні утворення існують у природі завдяки наявності тонких міжфазних гідратних плівок на поверхні мінеральних частинок. Гідратні плівки зумовлюють специфічні властивості дисперсних систем, а саме, здатність до агрегування та диспергування, пластичність, набухання, стискання та ін. (Osipov, 2013). Усі дисперсні гірські породи складаються з частинок однієї або, частіше за все, декількох фракцій. В обмінних процесах ґрунтів переважно беруть участь катіони, вони перебува-

ють у хімічному зв'язку з поверхневими молекулами мінеральних частинок. Кожна фракція має свою характерну для неї обмінну здатність: 0,25 – 0,005 мм, ємність обміну 0,3 ммоль/ 100 г ґрунту; 0,005 – 0,001 мм, ємність обміну 15,0 ммоль/ 100 г ґрунту; 0,001 – 0,00025 мм, ємність обміну 37,2 ммоль/ 100 г ґрунту; 0,00025 мм, ємність обміну 69,9 ммоль/ 100 г ґрунту. Здатні до обміну катіони містяться на зовнішній поверхні частинок, у міжпакетному просторі кристалічної решітки.

У ґрунтах більш за все розповсюджені катіони Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , H^+ , Al^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , NH_4^{4+} , Li^+ . Склад обмінних катіонів грає визначну роль у вмісті різноманітних категорій води у ґрунтах, одночасно впливаючи на формування його мікроструктури та мікротекстури. Утворення потужних оболонкок зв'язаної води викликає розпад мікроагрегатів у ґрунтах. Зменшення оболонкок зв'язаної води навколо ґрунтової частинки, навпаки, сприяє процесу коагуляції частинок, тобто створення мікроагрегатів, а це, у свою чергу, значно впливає на формування мікроструктури.

У присутності одновалентного катіона Na^+ за інших рівних умов частинки зв'язують значно більшу кількість води, ніж за присутності двовалентного катіона Ca^{2+} . Na^+ -катіон підсилює вплив глинистих частинок на властивості породи, а двовалентні катіони, навпаки, цей вплив зменшують (Ananiev, 2005). Суттєве значення іонний обмін має під час формування іригаційно-ґрунтових вод за рахунок інфільтраційних за малих швидкостей фільтрації. Інфільтраційні води з рухом у порах порід зони аерації змінюють свою мінералізацію й іонно-сольовий склад за рахунок катіонного обміну за умов надходження на рівень ґрунтових вод. Такі ж процеси відбуваються в зоні підйому рівня ґрунтових вод у результаті значних фільтраційних втрат в умовах недостатнього дренажу. Особливо інтенсивно катіонний обмін відбувається в системі ґрунтовий розчин – тверда фаза – колоїдна фаза (Sherstiuk, 2005).

У зоні зволоження відбувається значна перебудова структури та зміна пористості ґрунтів. Вода, що надходить у лесові ґрунти по активних порах та тріщинах, послаблює та руйнує неводостійкі структурні зв'язки та мікроагрегати. При цьому різко зменшується капілярний тиск, що таким же чином послаблює зниження зчеплення між частинками ґрунтів. Одночасно відбувається руйнація неводостійких мезо- та мікроагрегатів, що складають основу неводостійкої системи лесових ґрунтів. У них зберігаються пилуваті та

дрібнопіщані частинки та водостійкі мікроагрегати. Насичення ґрунтів водою спричинює швидку втрату структурного зчеплення та зниження кута внутрішнього тертя, розмокання та ущільнення (Voronkevich, 2005).

Численними дослідженнями (Ф. Л. Андрухін, Ю. М. Абелев, А. М. Дранніков та ін.) установлено, що саме специфічна макропориста структура лесових ґрунтів і витягнутість капілярних каналів у вертикальному напрямку зумовлюють анізотропність різних властивостей макропористих лесових ґрунтів природної структури, і особливо фільтраційних властивостей. У вертикальному напрямку для лесів значення коефіцієнта фільтрації в 2,5 – 9 разів більше, ніж у горизонтальному. Для лесовидних суглинків коефіцієнт фільтрації у вертикальному напрямку перевищує коефіцієнт фільтрації в горизонтальному напрямку в 5 – 30 разів (Abelev, 1979; Balandin, 1984; Volohov, 1981; Grigirian, 1965; Zareckii, 1967; Kirillov, 1960, Levchenko, 2011). Складність проведення експериментальних досліджень для визначення характеристик проникності зумовлена тим, що багато видів макропористих лесових ґрунтів містять легкорозчинні солі. Крім того, під час руху води крізь шар лесових макропористих ґрунтів спостерігаються процеси суфозії. Суфозійні процеси в макропористих лесових ґрунтах спостерігаються за певних градієнтів напору, характерних для даного лесового ґрунту, і за певного часу руху води крізь ґрунт (Levchenko, 2011).

На підставі експериментальних досліджень в умовах тривалого стискання за різноманітних значень навантажень та напрямків фільтрації визначено інверсію фільтраційної анізотропії лесів порівняно з її природним станом. Для лесових ґрунтів балок Тунельна та Тополина зафіксовано суфозію з невеликим процентом винесених частинок, найбільшу активність відмічено у перші години після початку фільтрації. Виявлено, що фракції 0,25 – 0,05 мм, 0,05 – 0,01 мм складають 3/4 від усього винесеного матеріалу. Відмічено також зміни макроструктури ґрунтів, які проявлялись в утворенні порушень, каверн, пустот, видимих зон розпушування. Цікавий висновок про те, що у досліджуваних ґрунтах має місце відрив агрегатів, а не частинок ґрунту (Sadovenko, Derevyahyna, 2013).

Водопроникність лесових ґрунтів Придніпров'я вивчали в рамках дослідження процесів іонного обміну та розчинення – осадження в багатокомпонентних водно-сольових системах в

умовах техногенезу (Sherstiuk et al., 2005) за методикою (Bochever, 1979). Через складність виготовлення зразка природної потужності моделювання фізико-хімічних процесів проводили у зразках потужністю 0,2 м. (Sherstiuk and all, 2005). Завантаження ґрунту в циліндр проводили невеликими порціями для витіснення повітря, затисненого у порах породи. Насичення водою кімнатної температури відбувалось знизу догори. Після повного насичення ґрунту в циліндрі встановлювався постійний рівень води, який тримався на визначеній відмітці.

Досліджуючи іонно-сольовий обмін, переважні напрями руху, утворення пустот та суфозії, приділяли недостатню увагу змінам параметрів мікроструктури під час фільтрації води крізь породу. Зміни параметрів мікроструктури відображають зміни гранулометричного складу, від якого на пряму залежать гідрогеологічні властивості. Гранулометричний аналіз у складі порід враховує вміст у них первинних частинок, тобто вміст окремих уламків кристалів та гірських порід. У тонкодисперсних породах разом із первинними частинками присутні також вторинні, які утворились у процесі з'єднання (злипання) декількох первинних частинок та формують мікроагрегати частинок. Кількість і розмір первинних частинок у ґрунтах визначає його первинна, або гранична, дисперсність. Вторинна, або природна, дисперсність, що характеризується мікроагрегатним складом, враховує в аналізі як первинні, так і вторинні частинки (Anan'ev, Potapov, 2005.). Гранулометричний склад характеризує граничну дисперсність, а мікроагрегатний відображає ступінь агрегування породи в даних умовах, використовуючи для характеристики структурні зв'язки у породі. Мікроагрегатний склад породи не постійний у часі, через постійне утворення у породі та руйнування вторинних частинок. Гранулометричний склад на даному відрізьку часу є величиною постійною і змінюється тільки за впливу тривалих процесів.

На первинну дисперсність осадових порід значний вплив має їх мінералогічний склад. Чим вищий вміст глинистих мінералів у породі, тим вища її дисперсність. Для досліджуваних ґрунтів виготовлені шліфи, за якими професор кафедри геології та розвідки покладів корисних копалин ДВНЗ НГУ М. В. Рузіна описала мінеральний склад. Еолово-делювіальні суглинки $v_d P_{II} ts$ мають такий склад: кварц + плагіоклаз – 62 %; мікроклін — 7 %; біотит (гідратований) – 7 %, серицит – 10 %, гідроокиси заліза + вуглисто-глиниста речовина

— 5 %; уламкові агрегати карбонатного складу – 7 %. Форма уламків кутаста (переважає), рідко — напівобкатана. Розмір уламкових частинок варіюється від 0,005 мм до 0,06 мм (до 50 %), одноразове скупчення (стягіння) карбонату — до 0,6 мм.

У геоморфологічному відношенні досліджувана територія балки Євпаторійська розташована в межах терасованого вододільного схилу правого берега р. Дніпро, глибоко й інтенсивно порізаного яружно-балковою мережею; в південній частині міста, між балками Тунельною та Відлогою. Балка Євпаторійська сформована тривалими екзогенними процесами, початок яких належить до кінця неогену – початку четвертинного періоду. За класифікацією М.Ф. Веклича визначено, що досліджувані ґрунти належать до: тясминських еолово-делювіальних суглинків ($vdP_{II}ts$), дніпровських еолово-делювіальних лесоподібних супісків ($vdP_{II}dp$) та завадівських елювіальних суглинків ($eP_{II}zv$). У межах балки зафіксовано один водоносний комплекс, складений із двох водоносних горизонтів: четвертинного та неогенового. Водоносний горизонт четвертинних відкладів не витриманий за потужністю, коефіцієнт фільтрації ґрунтів зони аерації і водовмісних ґрунтів змінюється від 0,2 до 0,6 м/добу. Завадівські суглинки та суглинки і глини мартоносського горизонту є відносно водонепрохідними шарами (Bogachenko, 2015). Режим водоносного горизонту порушений, живлення відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, витоків із підземних комунікацій з боку мікрорайону «Сокил», промислових підприємств та індивідуальної забудови вздовж лівого схилу балки. Розвантажується в дно балки, перетікає в нижній горизонт неогенових відкладів, а потім у р. Дніпро. За хімічним складом вода водоносного горизонту четвертинних лесових відкладів гідрокарбонатно-сульфатна з мінералізацією до 1 г/дм³. Між водоносними горизонтами відбувається перетікання шляхом вертикальної фільтрації. Геологічне вивчення ділянки досліджень показує, що від руйнації лесових прошарків від впливу атмосферних опадів не захищають вищезалігаючі прошарки глини, тож із часом матеріал виноситься.

1. У НДЛ геології, гідрогеології та геоінформатики в рамках експериментального визначення та прогнозу просадних властивостей (деградації) лесових ґрунтів завідувачка лабораторії Л.О. Носовою провела експериментальне визначення фільтраційних властивостей ґрунтів балки Євпаторійська за методикою (Bochever, Lapshin, Orodovskaya, 1979), що описувалась вище. Для

аналізу використовували дистильовану воду. Аналіз проводився на трьох зразках ґрунтів, які моделювали процес фільтрації води у пластах, потужність кожного складала 0,2 м. Перед та після експерименту були відібрані зразки ґрунтів для визначення параметрів мікроструктури кожного з них та аналізу їх зміни у процесі фільтрації.

2. Визначення параметрів гранулометричного складу дисперсних лесових ґрунтів базуються на методі «Мікроструктура» (Ryaschenko, 2010). Для його реалізації проводять гранулометричний аналіз методом піпетки з трьома способами підготовки ґрунтів до нього: стандартний – згідно з чинним ДСТУ; дисперсний – руйнується максимальна кількість агрегатів, відбувається фізико-хімічне заміщення двовалентних катіонів кальцію та магнію, що входять до складу ґрунтів, на одновалентні катіони натрію; агрегатний – руйнуються тільки водонестійкі агрегати під час тривалого збовтування ґрунту з дистильованою водою протягом 2 годин на струшувачі. Саме ця підготовка ближче за все відображає руйнування агрегатів у природних умовах.

3. Відповідно до розміру за результатами аналізів, виділяють 6 типів агрегатів: середньокрупнопіщані (1,00 – 0,25 мм), тонкодрібнопіщані (0,25 – 0,05 мм), крупнопилуваті (0,05 – 0,01 мм), дрібнопилуваті (0,01 – 0,002 мм), грубоглинисті (0,002 – 0,001 мм) та тонкоглинисті (< 0,001 мм). Кількість агрегатів визначається за загальним вмістом агрегатів (сумою коефіцієнтів мікроагрегатності з від'ємним знаком). Коефіцієнт мікроагрегатності ($K_{ма}$) для кожної фракції визначався як різниця між їх вмістом за дисперсною та агре-

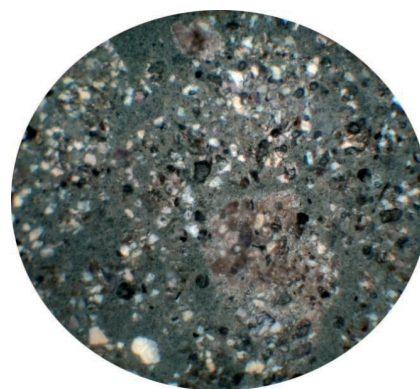


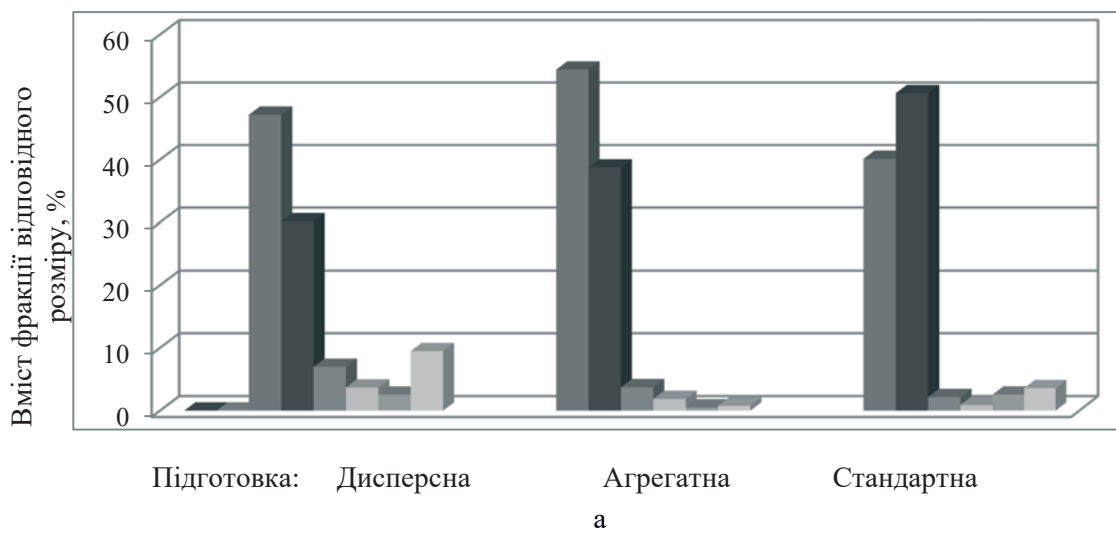
Рис. 1. Агрегатне скупчення карбонату, уламкові зерна кварцу та польового шпату, різноорієнтовані, мікролускуваті слюдисті мінерали. Світло прохідне, ніколі + зб.90. Зразок $vd P_{II}ts$, балка Євпаторійська, 2016

гатною підготовками. За ним можна оцінити ступінь агрегованості ґрунтів, визначити кількість та розмір агрегатів. Якщо $K_{ма}$ з від'ємним знаком, то вміст фракції відповідного розміру зменшується за рахунок руйнування цих агрегатів. Якщо $K_{ма}$ з додатним знаком, то під час руйнування вивільнились частинки меншого розміру та склали «прибавку» відповідній фракції, що може викликати зміни фізичних та фізико-механічних властивостей. Ця методика, на відміну від стандартної, враховує такі зміни. Залежно 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 структурних елементів, які переважають та коефіцієнтом елементарності, що показує частку первинних частинок у загальній сумі структурних елементів.

Результати та їх аналіз. Нижче показано результат зміни гранулометричного складу за різних підготовок для ґрунтів природного стану та після експериментального визначення фільтраційних параметрів для еолово-делювіального тясминського супіску (рис. 2 а, б). Після фільтрації за дисперсної підготовки перерозподілився вміст

Розподіл гранулометричного складу vd P II ts до фільтрації



Розподіл гранулометричного складу vd P II ts після фільтрації

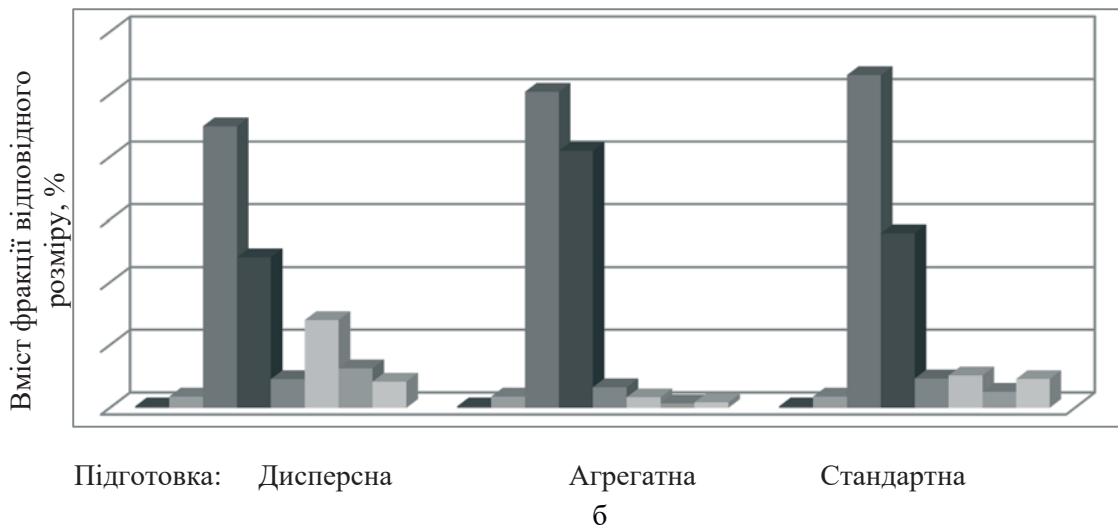


Рис. 2. Розподіл гранулометричного складу тясминського еолово-делювіального супіску: а – природного стану; б – після експериментального визначення фільтраційних параметрів протягом 7 діб

Параметри мікроструктури досліджуваних зразків

Стратиграфічний тип ґрунтів		vd P _{II} ts		vd P _{II} dn		e P _{II} zv	
Глибина відбору, м		4,0		5,0		6,0	
Параметри мікроструктури		Природний стан	Фільтрація	Природний стан	Фільтрація	Природний стан	Фільтрація
Тип мікроструктури		агреговано-скелетна		скелетно-агрегована		скелетно-агрегована	
Тип структурної моделі		тонко-дрібнопіщана елементарна		крупнопиловата змішана		крупнопиловата змішана	
Загальна кількість агрегатів, %		16,9	22,44	29,04	31,08	34,74	38,58
Переважаючий розмір агрегатів, %	середньо-крупнопіщані (1,0 – 0,25 мм)	7,3	5,51	1,84	2,8	7,56	11,36
	тонко-дрібнопіщані (0,25 – 0,05 мм)	7,81	16,96	24,86	28,88	26,91	27,07
Вміст первинних тонкодрібнопіщаних частинок 0,25 — 0,05 мм, %		50,09	44,92	41,17	32,73	30,11	7,47
Вміст первинних крупнопиловатих частинок 0,05 — 0,01 мм, %		28,56	24,04	25,78	22,55	28,35	23,5
Загальний вміст крупно- та дрібнопиловатих частинок (0,05 — 0,002 мм) за стандартним гранулометричним аналізом, %		52,55	37,71	58,14	48,24	77,05	45,69
Реальна глинистість, %		12,89	10,45	20,23	12,64	31,34	17,6

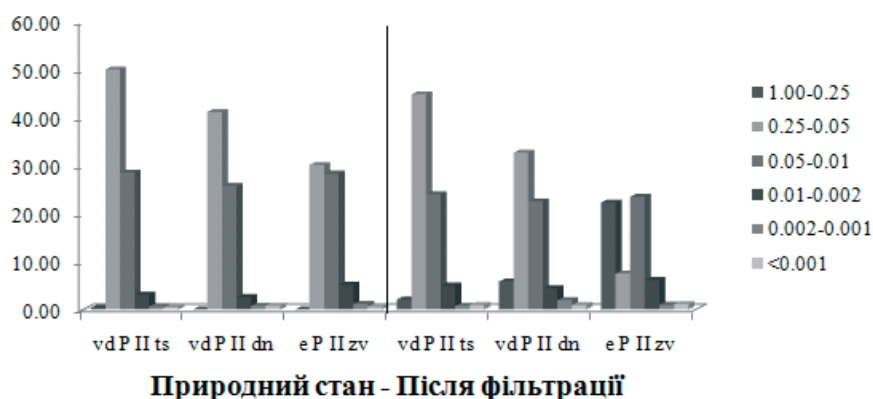
фракцій розміром 0,05 – 0,001 мм, за агрегатної — практично нічого не змінилось, а за стандартної — зменшилась кількість фракцій 0,05 – 0,01 мм, натомість збільшилась кількість фракції 0,1 – 0,001 мм. Можливо, через те, що агрегатний спосіб підготовки відображає зміни у кількості водонестійких агрегатів, а вони не відбулись, то скоріш за все фільтрація води через породу зумовлює більш складні перетворення мікроструктури, ніж просто винос частинок у нижчезалягаючі горизонти. Перебудова структури відбувається на іонному рівні і саме його змогли відобразити дисперсний та стандартний способи підготовки.

За всіх підготовок збільшився вміст фракції розміром 0,005 – 0,002 мм. Найбільший вміст глинистих частинок розміром < 0,002 мм виділяється за дисперсної підготовки ґрунтів до гранулометричного аналізу, найменший – за агрегатної. За дисперсної підготовки також видно, що під час фільтраційних досліджень зменшилась кількість глинистих частинок у всіх зразках. Після фільтрації протягом 7 діб зникли агрегати розміром 0,25 – 0,05 мм, кількість яких у природних умовах складала 7,22 %. Натомість утрічі збільшилась кількість агрегатів розміром 0,05 – 0,01 мм з 8,6 до 24,86 %, та утворилась незначна кількість агрегатів розміром 0,01 – 0,002 мм.

У результаті експериментального визначення фільтраційних параметрів відбулись такі зміни у мікроструктурі ґрунтів: типи структурної моделі та мікроструктури залишились незмінними; збільшилась загальна кількість агрегатів; відбулись незначні зміни у відсотковому вмісті середньокрупнопіщаної та тонкодрібнопіщаної фракцій, які переважно складають агрегати; вміст первинних тонкодрібнопіщаних частинок (0,25 – 0,05 мм) зменшився на 10 % в еолово-делювіальних ґрунтах, та на понад 20 % в елювіальних; загальний вміст крупно- та дрібнопиловатих частинок (0,05 — 0,002 мм) зменшився приблизно на 10 % в еолово-делювіальних ґрунтах та приблизно на 30 % в елювіальних. Тож найбільший винос частинок розміром 0,25 – 0,05 мм спостерігається в eP_{II}zv ґрунтах, переважно виносяться частинки тонкодрібнопіщаної фракції, які є своєю середньою добавкою до крупнопиловатої фракції (рис. 3, 4).

Тож на параметри мікроструктури еолово-делювіальних відкладів фільтрація практично не вплинула, на відміну від елювіальних відкладів, що може бути наслідком того, що ґрунти, які мають більший вміст іонів Ca²⁺ (за результатами хімічного аналізу ґрунтів його вміст в eP_{II}zv складає 0,6 ммоль/ 100 г ґрунту, що удвічі більше за вміст

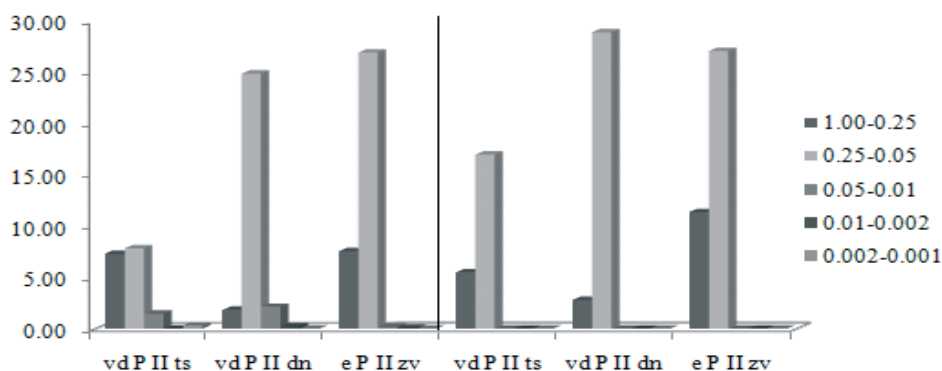
Вміст частинок відповідного розміру, %



Природний стан - Після фільтрації

Рис. 3. Вміст частинок відповідного розміру ґрунтів vd P_{II} ts, vdP_{II} dn, e P_{II} zv у природному стані та після експериментального визначення фільтраційних параметрів, %

Вміст агрегатів відповідного розміру, %



Природний стан - Після фільтрації

Рис. 4. Кількість агрегатів відповідного розміру ґрунтів vd P_{II} ts, vdP_{II} dn, e P_{II} zv у природному стані та після експериментального визначення фільтраційних параметрів, %

Ca²⁺ в еолово-делювіальних ґрунтах), здатні до більшого виносу частинок.

Висновки. Виявлено, що на параметри мікроструктури еолово-делювіальних відкладів фільтрація практично не вплинула, на відміну від елювіальних відкладів, які завдяки більшому вмісту іонів Ca²⁺ (за результатами хімічного аналізу для e P_{II} zv він складає 0,6 ммоль/ 100 г ґрунту) здатні до більшого виносу частинок. Можливо, через те, що агрегатний спосіб підготовки відображає зміни у кількості водонестійких агрегатів, а вони не відбулись, фільтрація води через породу викликає більш складні перетворення мікроструктури, ніж просто винос частинок у нижчезалегаючі горизонти. Перебудова структури відбувається на іонному рівні і саме його відображають дисперсний

та стандартний способи підготовки. Тож для виявлення зміни параметрів мікроструктури впродовж фільтрації доцільно використовувати методику «Мікроструктура». У результаті фільтрації протягом досліджуваного періоду тип мікроструктури не змінився, спостереження проводились до стабілізації винесених частинок, що дозволяє нам вважати ці результати правильними.

Бібліографічні посилання

- Abelev Yu., Abelev M., 1979. Osnovi proektyrovaniya y stroitel'stva na prosadochnikh hruntakh. [Basics of designing and constructing on subsiding soils.] M. : Stroyizdat (in Russian).
 Ananov, V., Potapov, A., 2005. Inzhenernaya geologiya: Ucheb. dlya stroit. spets. vuzov [Engineering

- geology : Proc . for the building . specialist. uni-versities] M: Higherwks (in Russian)
- Balandyn, Yu., 1984. Fyzyko-mekhanicheskoe sostoyaniye lessovikh porod kak kryteryi klassyfytsirovaniya [Physical and mechanical condition of loess rocks like Crete-ries classification // Classification criteria for dividing the loess in the genus.] M. : Nauka (in Russian).
- Bochever, F., Lapshin, N., Orodovskaya, A., 1979. Zashchita podzemnykh vod ot zahryazneniya [Protection of groundwater against pollution]. L. : Nedra (in Russian).
- Bogachenko, L., Osadcha, L., Prokopenko, T., Sibul, T., 2015. Monitoryng zemel' ta stanu heolohichnoho seredovyscha balky yevpatoriys'koyi (Dnipropetrovs'k) [Monitoring land that will geological environment of the gully Evpatoriyska (Dnipropetrovs'k) Vysnik Dnipropetrovskogo University. Seriya: Geologiya. Geografiya, 23 (1). 17–23 doi: 10.15421-111502 (in Ukrainian).
- Goldberg, V., Skvortsov, N., 1986. Pronytsaemost' y fyl'tratsiya v hlynakh [The permeability and filtration in clays] M. : Nedra (in Russian).
- Hryhoryan, A., Kulachenok, B., 1965. Polevie yssledovaniya deformatsiy prosadochnoho hrunta pod opitnymi shtampamy [Field studies deformations millet-sedimentary soil under the experimental stamps]. Grounds, foundations and soil mechanics. № 3 (in Russian).
- Krieger, N., 1965. Less, eho svoystva y svyaz' s heohrafycheskoy sredoy. [Lesse, its properties and the connection with the geographical environment]. M.: Nauka (in Russian).
- Kyryllov, A., 1962. Yssledovaniye uplotnyaemosti lessovikh hruntov pry dal'neyshey fyl'tratsii cherez nykh vodi [Research sealability loess soil at dalneyshefiltratsii through them water // Engineering geological properties of rocks and methods ihizucheniya]. M. : Publishing House of the USSR Academy of Sciences (in Russian).
- Kyryllov, A., 1960. Vlyaniye dlytel'noy fyl'tratsii na uplotnyaemost' lessovikh hruntov [Effect of long-term filtration compressibility loess soil] Scientific Notes. T. XXIII / MIVH them. Williams. M. : Kolos (in Russian).
- Levchenko, A., 2011. Otchet o nauchno-ysledovatel'skoy rabote osobennosti vzaymodeystviya osnovany y fundamentov na lessovikh prosadochnikh hruntakh, v usloviyakh nasishcheniya tekhnolohycheskymy y bitovimy stochnimy vodamy [Report on the research work of the peculiarities of interaction of the foundations on loess subsiding soils, in terms of technological and sanitary sewage saturation.] Innovation SEC “Engineer” (in Russian).
- Mokritskaya, T., 2010. K voprosu o modelyakh prostranstvennoho raspredeleniya pokazateley svoystv hruntov horodskyykh terrytoryi. [On the question of indicators of patterns of spatial distribution of soil properties in urban areas]. Bulletin DNU. Series: Geology. Geography, t.18, 84 - 91 (in Russian).
- Mokritskaya, T., 2013. Formirovaniye y evolyutsiya heolohycheskoy sredi Prydneprovskoho promyshlennoho rehyona. [Formation and evolution of geological environment Pridneprovsk industrial region]. Dnipropetrovsk, Accent PP (in Russian).
- Osypov, V. Y., 2013. Fyzyko-khymycheskaya teoriya efektyvnykh napryazheniy v hruntakh [Physico-chemical theory of effective stress in soils] St. Petersburg Publishing House of the Center for Genetic Soil – № 2. 3 – 35 (in Russian)
- Ryaschenko, T., 2010. Regionalnoe Gruntovedenie (Vostochnaya Sibir) [Regional Soil (Eastern Siberia)] Irkutsk: Earth Crust SBRAS (in Russian).
- Sadovenko, Y., Derevyahyna, N., 2013. Yssledovaniye mekhanizma formirovaniya erozyonnykh deformatsiy lessovikh porod [Investigation of the mechanism of formation of erosive deformation of loess rocks] Naukovi pratsi UkrNDMI National Academy of Sciences of Ukraine, number 13 (Chastina I), Transactions of UkrNDMI NAN Ukraine, № 13 (part I), 2013 p. 339 – 345 (in Russian).
- Sherstuk N.P. and all., 2005. Zvit pro naukovo-doslidnu robotu doslidzhennya protsesiv ionnogo obminu ta rozczynnyia – osadzhennya v bahatokomponentnih vodno-sol'ovykh systemah v umovah tekhnogenezu. [Report on scientific research studies of ion exchange and dissolution – precipitation in multicomponent water-salt system in technogenesis] DNU, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Volokhov, V., 1981. Ratsyonal'nie sposobi uplotneniya lessovikh hruntov zamachyvaniem [Rational methods of sealing loess soils soak] Hydraulic engineering and reclamation . № 12 (in Russian).
- Voronkevych, S.D., 2005. Osnovi tekhnicheskoy melioratsiy hruntov [Fundamentals of technical reclamation of soils.] M. : Science World (in Russian).
- Zaretskiy, Yu., 1967. Teoriya konsolydatsiy hruntov [The theory of soil consolidation.] M. : Nauka, 1967 (in Russian).

Надійшла до редакції 24.10.2016