

Структурні особливості ґрунтів

Компонентний склад, розмір і особливості структурних елементів, їх просторове розташування і характер взаємодії визначають загальний облік ґрунту, якій характеризується його структурою і текстурою.

Особливості структури й текстури ґрунтів мають дуже важливе значення для їх інженерно- геологічної оцінки. Структурно-текстурні ознаки є важливою якісною характеристикою, які суттєво впливають на фізичні та фізико-механічні властивості ґрунтів.

Головні ознаки структури [від лат. «structura» – будова, розташування, побудова] формуються в процесі утворення й послідуєчих змін породи під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів. Серед внутрішніх факторів найбільш вагома роль належить складу компонентів породи (твердої, рідкої, газоподібної й біотичної), їх кількісному співвідношенню та процесам взаємодії, тому можна стверджувати, що структура є якістю ґрунту як багатокомпонентної системи.

При визначенні структур ґрунтів в інженерної геології зараз існує два основні підходи – морфометричний й енергетичний. Найбільше розповсюдження набув перший, при якому в основу поняття структура покладені морфометричні особливості структурних елементів та їх співвідношення в ґрунті. При енергетичному підході поняття структури базується на таких ознаках, як характер взаємодії структурних елементів і енергія всієї системи в цілому.

Сучасне трактування поняття «структура» має включати три головні ознаки: 1) морфометричні (розмір, форма, характер поверхні структурних елементів та їх кількісне співвідношення); 2) геометричні (просторова композиція структури); 3) енергетичні (тип структурних зв'язків і загальна енергія структури). Крім того, має бути вказана залежність структури від складу, співвідношення й взаємодії всіх компонентів породи, яка свідчить про динамічність структури та її зв'язок з генетичними факторами.

Виходячи із сучасних уявлень під *структурою ґрунту* розуміють просторову організацію всієї речовини ґрунту, яка характеризується сукупністю морфометричних, геометричних й енергетичних ознак та визначається складом, кількісним співвідношенням і взаємодією компонентів ґрунту.

Для *магматичних порід* в інтрузивних утвореннях найбільш характерними є повнокристалічні рівномірнoзернисті, середньо- і крупнозернисті структури (піроксеніт, габро, граніт) або порфіровидні нерівномірнoзернисті структури (дуніт). В ефузивних породах переважають прихованокристалічні й склоподібні (афанитові [від гр. «arphanizo» – роблюсь непомітним, зникаю]) структури (базальт) або порфірові (андезит, ліпарит) з неповнокристалічною або склоподібною масою.

Дрібнокристалічні магматичні породи як правило мають більшу міцність і стійкість по відношенню до вивітрювання, ніж породи такого самого мінералогічного складу, але складені більш крупнозернистими різновидами. Поряд із цим значний вплив на властивості інтрузивних порід мають структури, які пов'язані з взаємним проростанням мінералів (пегматитові, пертитові, пойкилітові тощо) - вони суттєво підвищують їх міцнісні характеристики. Для ефузивних порід характерним є те, що при збільшенні кількості склоподібною речовини знижується їх міцність і стійкість.

Для *метаморфічних порід* характерною рисою є повнокристалічність їх структур. Мінеральні зерна цих порід мають плоску форму та певну орієнтацію, що є наслідком *бластезу* [від гр. «blastesis» – ріст] (процес перекристалізації мінералів у твердому стані без розчинення та розплавлення. У метаморфічних породах, формування яких здійснюється у твердому стані, структура майже завжди є вторинною – вона створена по структурі вихідної осадоної або магматичної породи.

Серед структур метаморфічних порід виділяють п'ять основних груп, які відрізняються специфічними особливостями будови й умов формування:

кристалобластичні, тектонобластичні, катакластичні, реліктові та метасоматичні.

Структури осадових порід визначаються умовами їх формування. У залежності від умов формування серед осадових порід виділяють три основні генетичні групи: 1) *уламкові породи*, які складаються з різноманітних уламків – продуктів механічного руйнування гірських порід; 2) *глинисті породи*, які складаються з продуктів механічного й хімічного руйнування гірських порід;

3) *хімічні й органогенні (хемогенні) породи*, що створюються шляхом випадіння солей з розчинів та в результаті життєдіяльності організмів, їх подальшого відмирання й накопичення скелетних залишків. Серед великих генетичних груп порід виділяють підгрупи за речовинним складом та іншими ознаками.

В *осадових сцементованих породах* критерієм виділення структур є розмір і форма уламків, із яких складається порода. У залежності від розміру розрізняють такі структури: псефітові (крупноуламкові - < 200-2 мм) [від гр. «psēphos» – дрібний камінь], псамітові (середньоуламкові або піщані – 2-0,1 мм) [від гр. «psammos» - пісок], алевритові (дрібноуламкові або пилюваті – 0,1-0,01 мм) [від гр. «aleuron» - борошно] і пелітові (тонкоуламкові або глинисті – 0,01-0,001 мм) [від гр. «pelos» - глина]. Згідно із цією класифікацією для конгломератів характерна псефітова структура, пісковиків - псамітова, алевритів - алевритова й аргілітів - пелітова.

Структури хімічних й органогенних (хемогенних) порід поділяються в залежності від розміру кристалів і ступеню їх окристалізованості, а також розмірів і форми органогенних решток та їх уламків. Найбільш поширеними структурами є кристалічнозерниста - вапняки, доломіти, деякі крем'янисті породи й солі, прихованокристалічна (афанитові), біоморфна (порода складається із цілих особин організмів), детритусова [від лат. «detritus» - стертий] (породи складаються з обкатаних уламків організмів різної величини) та оолітові [від гр. «oōn» – яйце + «lithos» - камінь] (породи складаються з концентричних утворень) – зустрічаються в карбонатних і кременистих породах.

Характер структур уламкових незцементованих порід (крупноуламкових, піщаних, лесових і глинистих) пов'язаний із розмірами, формою та кількісним співвідношенням структурних елементів.

Серед крупноуламкових порід виділяють валунні (кам'янисті) – 100-200 мм, галькові (щебенисті) – 10-100 мм, гравійні (жорствяні) – 2-10 мм структури. Важливе значення має склад і кількість заповнювача; при значному його вмісті за масою (більш 40% для піщаного заповнювача й 30% - для глинистого) у найменуванні структури позначається тип заповнювача.

При вивченні піщаних ґрунтів в залежності від ступеню сортування зерен і уламків виділяють структури гравелістих, пилюватих і чистих пісків, а за переважаючими розмірами зерен розрізняють грубозернисті (1-2 мм), крупнозернисті (1-0,5 мм), середньозернисті (0,5-0,25 мм), дрібнозернисті (0,25-0,1 мм) та тонкозернисті (0,1-0,05 мм) структури.

Структури глинистих ґрунтів визначаються взаємовідношенням і характером взаємозв'язків уламкових (піщаних і пилюватих) зерен та часток глинистих мінералів.

Для глинистих ґрунтів виділяють макро-, мезо- і мікроструктури. Макроструктуру визначають візуально, мезоструктуру - із використанням поляризаційного мікроскопа, а мікроструктуру - за допомогою електронного мікроскопа, спеціальної рентгенівської зйомки та інших методів.

На рівні макроструктур об'єктом вивчення є структурні елементи (блоки, зерна та луски) розміром від 1 м і більше до часток см. За характером часток і їх орієнтацією розрізняють безладно-зернисті, паралельно орієнтовані, волокнисті, хлопьевидні, оїдні (з концентричних утворень), конгломератовидні (з уламків зі згладженими краями) та брекчієвидні (з кутастих уламків) макроструктури. За формою й розмірами окремоостей виділяють дев'ять основних види макроструктур: брилову, грудкувату, горіхоподібну, шарувату, стовбчасту, плитчасту, сланцювату, листоподібну й лускувату .

Мезоструктурні елементи мають розмір від кількох мм до 0,001 мм. В залежності від співвідношення первинних часток і мікроагрегатів у глинистих ґрунтах виділяють мікроагрегатну (основна маса ґрунту складена мікроагрегатами глинистих часток), пилувато-мікроагрегатну (мікроагрегати з глинистих часток зв'язані з пилуватими зернами, кількість яких переважає) й піщано-мікроагрегатну (глинисті й пилуваті частки створюють мікроагрегати, що зв'язані з піщаними зернами, вміст яких перевищує 45%) мезоструктури.

Мікроструктури глинистих ґрунтів є одним із найважливіших факторів, які обумовлюють їх властивості. Відмінності в складі, умовах накопичення і постседиментаційного перетворення глинистого матеріалу обумовлюють велику різноманітність мікроструктур глинистих ґрунтів, що в свою чергу визначає значні варіації властивостей цих порід. Для глинистих ґрунтів осадового походження різного віку, генезису та ступеню літифікації виділяють п'ять основних типів мікроструктур: комірчасту, скелетну (або зернисту), матричну, турбулентну та ламінарну. Крім цього, у глинистих утвореннях елювіального й гідротермального походження розрізняють доменну, псевдоглобулярну й губчасту мікроструктури.

Текстурні особливості ґрунтів

Під *текстурою* [від лат. «textura» – тканина, з'єднання, зв'язок] розуміють сукупність ознак, які характеризують відносне розташування структурних елементів ґрунту в просторі. Текстури порід тісно пов'язані з їх генетичними особливостями й складом.

При інженерно-геологічних вишукуваннях текстура розглядається як одна з ознак, що відображує умови формування породи, як показник неоднорідності й анізотропії властивостей гірських порід та як прояв у породі зон і поверхонь послаблення. Текстурні особливості безпосередньо впливають на опір ґрунту стисканню й зсуву, визначають шляхи фільтрації через ґрунт, впливають на процеси суфозії, розчинення, вилуговування тощо, визначають характер розрахункових схем з метою оцінки стійкості гірських виробок, об'єм і методику інженерно- геологічного випробування, тип кріплення, осушення та інших інженерних заходів спрямованих на покращення умов проведення гірничих робіт.

Вивчення текстурних особливостей порід при інженерно-геологічних вишукуваннях має три головних мети: 1) надати загальну оцінку міцності порід та її мінливості; 2) розробити порядок відбору проб порід для лабораторних досліджень; 3) установити методику лабораторних досліджень.

Текстура порід є переважно макроскопічною ознакою, вивчення якої проводиться візуально в умовах їх природного залягання (у відслоненнях) або в зразках гірських порід (монолітах).

Для *магматичних порід* за характером розподілу мінералів текстури поділяють на однорідні та такситові.

При *однорідній* текстурі всі породоутворюючі мінерали розподілені рівномірно, і будь-які ділянки породи при порівнянні виявляються однаковими за складом та структурою. В інженерно- геологічному відношенні масивна текстура найбільш прийнятна, тому що вона забезпечує високу міцність і стійкість, однорідність і повну ізотропність фізико-механічних властивостей ґрунтів. Породи з пористою текстурою мають невелику міцність і стійкість при вивітрюванні, а також підвищену водопроникність.

Такситова текстура характеризується зміною складу та структур в об'ємі породи, що обумовлено з одного боку переробкою речовини сторонніх порід, які були включені в магмі у вигляді уламків, а, з іншого – проникненням додаткових порцій магми або

залишкових розчинів у вигляді прошарків і безперервних виділень. Для інженерно-геологічних вишукувань серед такситових текстур найбільший інтерес мають смугаста та флюїдальна текстури. Смугаста текстура (габро, діорит тощо) характеризується присутністю смуг (шарів) різного складу та структури, що призводить до великої анізотропності фізико-механічних властивостей та до зниження стійкості порід до вивітрювання. Для флюїдальних текстур (дацит, ріоліт тощо) характерним є потокоподібне розташування мінералів, коли вони ніби «обтікають» більш великі кристали. Породи з такою текстурою мають чітко виражену анізотропності фізико-механічних властивостей та до знижену стійкість до вивітрювання.

У метаморфічних породах текстури є важливим свідченням умов їх формування й за своєю різноманітністю різко перевищують магматичні й осадові породи. Серед текстур метаморфічних порід звичайно, виділяють власне метаморфічні та залишкові або реліктові текстури, які залишились від вихідних порід. Різноманіття метаморфічних текстур призводить й до різноманіття їх впливу на інженерно-геологічні властивості порід: для сланцевих порід характерним є наявність площин сланцюватості, які являють собою зони ослаблення (зони зниженої міцності), розпад при вивітрюванні на тонкі плити та різко виражена анізотропності фізико-механічних властивостей; для філітів, які мають плейчасту текстуру (порода зім'ята в дрібні складки) характерна слаба міцність та стійкість до вивітрювання; для гнейсів, мігматитів та амфіболів, яким притаманна гнейсоподібна текстура (відрізняється наявністю паралельної орієнтовки більшості кристалів або шаруватістю, яка обумовлена чергуванням лінз і смугастих ділянок, створених мінералами різноманітного складу та структури) характерним є висока міцність та невелика анізотропності фізико-механічних властивостей порід.

В осадових породах виділяють характерні текстури для зцементованих різновидів (скельних і напівскельних), для піщаних і глинистих порід.

Текстури осадових зцементованих порід розрізняють за розташуванням зерен та за наявністю й розміром пор.

За розташуванням зерен виділяють масивну (безладну), мікро- і макрошаруваті текстури. Для осадових зцементованих порід у природних умовах залягання найбільш характерна макрошарувата текстура.

За наявністю й розміром пор в осадових зцементованих породах виділяють щільну й пористу текстуру. Щільна текстура характерна для порід, що позбавлені пор які можна побачити неозброєним оком та при невеликому збільшенні під лупою або мікроскопом. Така текстура обумовлює ізотропність властивостей, високу міцність та дуже малу фільтраційну здатність.

Пориста текстура характеризується наявністю пор (дрібнопориста – діаметр менше 5 мм та крупнопориста – більше 5 мм). Ця текстура обумовлює зниження міцності порід та збільшення водопроникності, яка зростає по мірі збільшення розмірів пор. У розчинних породах пори сприяють швидкому проникненню підземних вод у породу, що призводить до вилуговування та до розвитку процесів карстоутворення.

Для піщаних і глинистих порід з інженерно-геологічної точки зору найбільш доцільно використовувати класифікацію В.Д. Ломтадзе (1984). В піщаних і глинистих породах виділяють наступні типи текстур:

1) текстури, які пов'язані з умовами відкладення – шаруваті (тонко-, товсто-, косо-, невірншаруваті, стрічкові, лінзоподібні тощо), які притаманні породам морського, лагунного, озерного, алювіального й взагалі субаквального походження та масивні (монолітні) – притаманні деяким морським, озерним, еоловим і делювіальним відкладам;

2) текстури, які обумовлені різним фарбуванням породи (плямиста, мармуроподібна, очкова), які характерні для багатьох болотних, озерних, елювіальних та інших відкладів;

3) текстури, які пов'язані з періодичними висиханнями осада – усадочні і ситчасті;

4) текстури, які пов'язані з діагенетичними змінами – масивні (нешаруваті) для субаквальних осадків і макропористі для субаеральних, зокрема, лесових і лесовидних, порід;

5) текстури, які обумовлені зсувними явищами – плейчата (виникає в глинистих шаруватих породах);

6) текстури, які пов'язані з процесами метаморфізму – сланцюваті (виникають в глинистих породах під впливом процесів метаморфізму).

При вивченні текстурних особливостей осадових порід необхідно визначати такі основні характеристики: 1) тип текстури для різних порід розрізу; 2) показник розшарування порід; 3) коефіцієнт орієнтування глинистих часток; 4) анізотропію основних властивостей породи (міцності, водопроникності, деформованості тощо).

Будова й фізичний стан залягання ґрунтів

При виконанні інженерно-геологічної оцінки гірських порід дуже важливе значення має вивчення їх будови, яка характеризується ступеню щільності та порушеності природної структури, текстури та вологості. Прийнято розглядати природну й порушену будову ґрунтів.

Під *природною будовою* розуміють такий стан породи й розташування елементів, що її складають, якій виник у процесі її формування без порушення структурних зв'язків і природної вологості.

Будова породи визначає її *фізичний стан*, якій характеризується системою ознак (фізичних властивостей), серед яких найбільш важливими є щільність, пористість, вологість, температура, вивітрілість, тріщинуватість та закарстованість. Ці ознаки (властивості) оцінюються кількісними показниками, які визначаються в лабораторних і польових умовах та надають можливість побічно судити про найбільш важливі особливості породи – щільність, деформованість, водопроникність, стійкість (під впливом води, температури тощо) та методи їх дослідження.

Порушення природної будови призводить до зміни фізичного стану породи, тобто до зміни її властивостей. Порушення будови пухких піщаних ґрунтів, для яких характерним є нестійке положення зерен, велика стисливість, малий опір зсуву та високі фільтраційні властивості, наприклад, під дією вібрації призводить до швидкого їх ущільнення, що може викликати раптові, а іноді й катастрофічні осідання споруд. Пухкі піски у водонасиченому стані також легко можуть переходити в рухливий (пливунний) стан під впливом струсу при землетрусах, при вибухах або від дії вібрації під фундаментами машин, що може викликати різноманітні несприятливі інженерно-геологічні процеси (опливини, зсуви, осідання насипів залізних і автомобільних доріг, осідання будинків і споруд). Щільні піски переходять в пливунний стан лише після розрідження.

Порушення природної будови зв'язних глинистих ґрунтів також призводить до різкої зміни їх стану і властивостей - вони втрачають стійкість при великій вологості, можуть переходити з напівтвердого стану в м'який (пластичний) або навіть рідкий (текучий) стан з повною втратою несучої здатності.

Тому при інженерно-геологічних дослідженнях ґрунтів обов'язково необхідно враховувати їх будову і стан та визначити методику досліджень в залежності від наміченого використання ґрунтів – якщо ґрунт буде природною основою або середовищем для споруди, його властивості потрібно вивчати в умовах збереження природної будови і фізичного стану на монолітах або в масивах в умовах природного залягання; якщо ґрунт буде використовуватись в якості будівельного матеріалу при будівництві земляних споруд (дамб, гребель, шляхового полотна тощо), його дослідження має виконуватись на зразках з порушеною будовою, але з такою щільністю й вологістю, які будуть в споруді або в стані оптимальної вологості, при якій ґрунт буде мати найбільшу щільність.