

УДК 624.131

Кравець В.Г., д.т.н., проф., Філько Д. В., асп., Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ТА УМОВИ ФОРМУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕХНОГЕННИХ ҐРУНТІВ

Вступ. У містах і промислових центрах найбільш активний вплив людини на природу; природний ландшафт в містах перетворюється, формується культурний ландшафт, в якому взаємозв'язки природного середовища змінюються в результаті інженерно-господарської діяльності людини. Це спричинює утворення техногенних ґрунтів, до яких слід відносити: природні утворення, змінені в умовах природного залягання фізичною або фізико-хімічною дією; природні утворення, переміщені з місць їх природного залягання з використанням транспортних засобів, вибуху (насипні ґрунти) або за допомогою засобів гідромеханізації (намівні ґрунти); антропогенні утворення, що є твердими відходами побутової і виробничої діяльності людини, в результаті якої відбулась корінна зміна складу, структури і текстури природної, мінеральної або органічної сировини.

Останнім часом, при освоєнні вільних міських територій, техногенні ґрунти все частіше залучаються до сфери інженерного впливу, а, отже, вимагають вивчення, що обмежене в часі при проведенні інженерно-геологічних досліджень.

Техногенні ґрунти змінюються в широкому діапазоні – від різновидів близьких до природних ґрунтів і до ґрунтів, що не мають аналогів серед природних утворень. Площинне поширення, потужність та особливості їх складу обумовлено ступенем і видом освоєння території та історією розвитку міського поселення. Техногенні ґрунти досить часто використовуються і як основи споруд (особливо при дефіциті території для можливої забудови – як у багатьох великих містах світу), і в якості матеріалу земляних споруд.

В роботі приділено увагу класу дисперсних техногенних ґрунтів. Розрізняють групу техногенно незв'язних ґрунтів і групу техногенно зв'язних ґрунтів. Подальший розподіл техногенних ґрунтів на підгрупи визначається способом їх перетворення, переміщення або утворення в процесі господарської діяльності людини.

У групі **техногенних незв'язних ґрунтів** виділяється три підгрупи:

- 1) природні утворення, змінені в умовах природного залягання (техногенно змінені ґрунти);
- 2) природні переміщені утворення (техногенно перевідкладені ґрунти)
- 3) антропогенні утворення.

Серед техногенно змінених незв'язних ґрунтів можна виділити декілька основних типів. Передусім, це ущільнені незв'язні ґрунти, механічне ущільнення яких не призводить до принципової зміни їх структурних зв'язків – зміцнення і зниження водопроникності досягається за рахунок зниження пористості і збільшення сумарної площі контактів між частками ґрунту в одиниці його об'єму. Армування ґрунтів, у тому числі і незв'язних, не змінює істотно будови і властивостей природного ґрунту, але створює в масиві просторові розрізнені конструкції (найчастіше використовуються: метод «стіна в ґрунті», ґрунтові анкери, буроін'єкційні палі). Техногенно змінені незв'язні ґрунти, що виникли як побічні продукти господарської діяльності людини, утворюються: в результаті розущільнення і дренажування на бортах кар'єрів і котлованів; при обводненні масивів незв'язних ґрунтів в результаті техногенного підтоплення територій; в основі відвалів розкривних порід, шлаків та шлаків за рахунок ущільнення, а також зміни складу і властивостей під впливом фільтрування вод з техногенного водоносного горизонту і дифузійного приносу солей.

Серед техногенно перевідкладених незв'язних ґрунтів виділяють насипні та намивні. Насипні техногенні незв'язні ґрунти формуються в процесі будівництва як необхідний елемент будівельних конструкцій, земляних споруд або в процесі складування будівельних матеріалів чи промислових відходів. Товщі насипних ґрунтів зазвичай неоднорідні по складу, часто мають нерівномірну стискуваність і здатні до самоущільнення під вагою вищерозміщених товщ, при вібрації та водопониженні. Наявність органічних включень сприяє розвитку з часом додаткових осідань за рахунок їх розкладання. У товщах насипних ґрунтів можуть зустрічатися великі порожнечі або тверді включення великих розмірів (уламки паль, цегляної кладки, елементів конструкцій та ін.).

За умовами утворення насипні незв'язні ґрунти можна поділити на планомірно зведені насипи та відвали. Планомірно зведені насипи зазвичай влаштовуються з однорідних природних ґрунтів для планування територій, облаштування основи під фундаменти, зворотної засипки котлованів. До них також відносяться багато земляних споруд: греблі, дамби, насипи залізничних та автомобільних шляхів. Всі якісні насипи зводяться за спеціальним проектом з ущільненням ґрунтів для досягнення рівномірного стискання і необхідної міцності. Відвали ґрунтів влаштовуються у вигляді відсипання окремих видів ґрунтів при закритті котлованів, плануванні територій, проходці гірничих виробок. Ущільнення ґрунтів в таких відвалах не ведеться, тому щільність і стискуваність навіть при відносній однорідності складу можуть змінюватися по глибині та протяжності. Будівельні відвали є непланомірно відсипаними масивами техногенних ґрунтів і складені будівельним сміттям та природними ґрунтами, переміщеними при плануванні місцевості та проходці котлованів.

Намивні незв'язні техногенні ґрунти створюються в місцях пониження рельєфу при підготовці території до будівництва у вигляді намивних споруд з ґрунтових матеріалів, запасів будівельного матеріалу для облаштування насипів при подальшому освоєнні територій або гідровідвалів гірничого виробництва. Масиви намивних ґрунтів створені у багатьох великих містах, для намивання зазвичай використовуються піски руслової фації алювію, ущільнення і дегідратація яких після укладання відбуваються досить швидко. У подальшому спостерігається поступове зміцнення намитих ґрунтів в часі, обумовлене виникненням додаткових структурних зв'язків за рахунок відкладення на контактах з'єднань кремнію, заліза, алюмінію і кальцію.

Антропогенні утворення незв'язних ґрунтів, речовинний склад яких не має аналогів в природі, є промисловими відходами, представлені відвалами та гідровідвалами шлаків металургійного виробництва, золошлаків, що утворюються на теплових електростанціях при спалюванні твердого палива, а також шламами хвостосховищ гірничозбагачувальних виробництв.

У групі **техногенних зв'язних ґрунтів** виділяються три підгрупи:

- 1) природних утворень, змінених в умовах природного залягання (техногенно змінені ґрунти);
- 2) природних переміщених утворень (техногенно перевідкладені ґрунти);
- 3) антропогенних утворень.

Техногенно змінені зв'язні ґрунти можуть бути отримані методами технічної меліорації з природних як незв'язних, так і зв'язних утворень. У першому випадку вони є результатом ін'єкційного закріплення незв'язних ґрунтів за допомогою глинистих суспензій або органічних в'язучих. В іншому випадку техногенні ґрунти цілеспрямовано формуються за допомогою різних методів ущільнення природних пилувато-глинистих ґрунтів з метою підвищення їх несучої здатності (трамбування, підводні вибухи, метод витрамбовування котловану). Найбільш різноманітні способи ліквідації просідання лесових ґрунтів – окрім перерахованих методів для них також застосовуються замочування та гідровіброущільнення. Техногенно змінені зв'язні ґрунти можуть виступати і побічними продуктами господарської

діяльності людини, так само як і незв'язні формуються на бортах кар'єрів та інших виїмок, при підтопленні масивів зв'язних ґрунтів або в результаті їх засолення, в основі відвалів розкритих порід, зол, шлаків та шлаків.

Техногенно перевідкладені зв'язні ґрунти аналогічно незв'язним поділяються на насипні (планомірно зведені насипи і відвали) і намивні. Усі товщі насипних ґрунтів здатні самоущільнюватись в часі від власної ваги, але відмінною особливістю зв'язних насипних ґрунтів є набагато більший період їх самоущільнення (5 – 7 років) в порівнянні з піщаними (6 місяців – 2 роки). Насипні зв'язні ґрунти формуються при облаштуванні земляних гребель, а також для протифільтраційних споруд.

Зв'язні антропогенно утворені ґрунти представлені найбільш тонкодисперсними фаціями у відвалах золошлаків, глинистими шламами хвостосховищ гірничозбагачувальних виробництв, осіданнями, що формуються при очищенні промислових і побутових стічних вод, і культурними шарами.

Культурні шари є верхньою частиною розрізу ґрунтів великих населених пунктів, що зазнав втручання діяльності людини. За складом і властивостям вони різко відрізняються від ґрунтів, що залягають нижче. У культурних шарах зустрічаються різноманітні залишки: будівельне сміття, предмети домашнього ужитку. Формування культурного шару пов'язане з однієї сторони з геологічними і геоморфологічними умовами місцевості, з іншої – з історією населеного пункту і характером господарської діяльності людини. Ф.П. Саваренський розподілив культурні шари за часом утворення на стародавні та сучасні. Під сучасним розуміється рихлий, такий, що не злежався ґрунт, який іноді містить органічні залишки, що не розклалися. Сучасний культурний шар малоприсадний для зведення на ньому фундаментів. Стародавні накопичення культурного шару вже встигли ущільнитися, завдяки чому їх використовують при будівництві доріг та спорудженні фундаментів будівель.

Інтенсивне накопичення культурного шару відбувається при земляних роботах, підсипанні ґрунту для підвищення відмітки будівельного майданчика, благоустрою населеного пункту і за рахунок накопичення різного сміття. Потужність культурного шару може коливатися в широких межах – від декількох сантиметрів до десятків метрів і залежить від часу і тривалості існування населеного пункту, рельєфу місцевості та ін. Місцями накопичення насипного культурного шару зазвичай служать яри, річкові долини, болота, що засипаються при вертикальному плануванні населених пунктів і служать для звалищ сміття. Культурний шар характеризується своєрідним неоднорідним складом, причому різка неоднорідність ґрунтів культурного шару простежується як по вертикалі, так і в горизонтальному напрямі.

Властивості техногенних ґрунтів формуються під впливом великої кількості як природних, так і антропогенних чинників. Утворення цих ґрунтів відбувається в певних інженерно-геологічних і природно-кліматичних умовах, що впливають на загальну спрямованість і швидкість перетворення хімічно-мінерального складу, будови, стану і властивостей ґрунтів, загальних для будь-яких ґрунтів (водно-тепловий режим, хімічний склад підземних і поверхневих вод, склад і біомаса флори і фауни, що взаємодіє з ґрунтами, і т. п.). Проте в переважній більшості випадків частина цієї групи чинників для формування штучних ґрунтів має все ж підпорядковане значення; на перше місце виступають спосіб і технологія утворення таких ґрунтів. Крім того, на відміну від природних утворень, формування складу і властивостей техногенних ґрунтів відбувається не в геологічному, а у фізичному часі, і роль цього чинника може бути прямо протилежною для різних типів штучних ґрунтів. Техногенні ґрунти, створені перетворенням природних ґрунтів в умовах їх природного залягання, утворюються переважно в результаті цілеспрямованої зміни первинних властивостей останніх одним з методів технічної меліорації і є поліпшеними ґрунтами, властивості яких формуються під впливом наступних чотирьох груп чинників.

По-перше, це склад, будова і властивості перетворюваних природних ґрунтів, які визначають саму можливість і доцільність застосування того чи іншого способу їх поліпшення. Так, залежно від дисперсності, пористості і ступеня вологості застосовуються різні способи ущільнення зв'язних ґрунтів.

Друга, визначальна, група чинників – технологічна: тип впливу на ґрунти і його параметри. Так, просідання лесових ґрунтів може бути ліквідоване силікатизацією, випаленням, замочуванням, гідровіброущільненням або армуванням ґрунтовими палями. Очевидно, що фізичні і фізико-механічні властивості новоутвореного ґрунту будуть абсолютно різними залежно від вибраного методу. При ін'єкційному закріпленні ґрунтів визначальне значення має вибір виду речовини, що ін'єктується, його рецептура, тиск нагнітання.

Третя група чинників пов'язана з просторовим положенням масиву техногенно змінених ґрунтів, що впливає на формування їх властивостей за допомогою природно-кліматичних та інженерно-геологічних чинників, але вже після виникнення такого масиву, визначаючи лише поступову зміну набутих властивостей. Безумовно, роль цих чинників у формуванні властивостей техногенно перетворених ґрунтів невелика.

Четверту групу чинників складає вік техногенних ґрунтів. Вплив віку може проявлятися у формі підвищення несучої здатності техногенно перетворених ґрунтів в результаті, наприклад, наростання міцності цементу в часі, або погіршення показників їх фізико-механічних властивостей по мірі деградації новоутворених структурних зв'язків.

Формування властивостей погіршених техногенно змінених ґрунтів (штучно розущільнених, зволжених, вивітрених і т.п.) в цілому підкоряється тим же закономірностям. Проте просторове положення і вік мають для них більше значення, оскільки при створенні масивів таких ґрунтів їх подальші зміни зазвичай не беруться до уваги.

Формування властивостей техногенних ґрунтів, створених переміщенням природних ґрунтів в процесі виробничої діяльності, в цілому визначається тими ж групами чинників. Найважливіше значення для формування властивостей і насипних, і наливних ґрунтів має дисперсність природних перемішуваних ґрунтів: вона визначає саму технологію ведення робіт. Так, гідронамиванням укладаються тільки піщані ґрунти; укладання зв'язних ґрунтів в якісний насип проводиться при визначеній, оптимальній для даного ґрунту вологості, а для крупноуламкового матеріалу вона, навпаки, не має великого значення. З іншого боку, при одному і тому ж складі такі найважливіші властивості штучного ґрунту, як щільність і міцність, визначаються виключно технологією ведення робіт. Ці показники за інших рівних умов завжди вище у наливних пісках, а для насипних утворень найкращі результати дає пошарове укладання з укочуванням. Просторове положення масиву наливних або насипних ґрунтів не робить істотного впливу на їх властивості, але може позначитися на темпах їх подальшого перетворення. Чинник часу, навпаки, має набагато більше значення для цих техногенних ґрунтів: з віком в масиві відбувається не лише ущільнення ґрунтів, але і їх «старіння», обумовлене поступовим формуванням слабких конденсаційних структурних зв'язків, а також їх зміцненням.

Для формування властивостей антропогенних утворень найбільше значення мають початковий склад матеріалу – часто дуже різномірний, з якого утворюється техногенний ґрунт, та вік масиву. Відмінна особливість цих техногенно утворених ґрунтів полягає в значному перетворенні їх хімічно-мінерального складу у фізичному часі, що спричиняє істотну зміну властивостей масиву. Тому вік таких ґрунтів має визначальний вплив на їх властивості, а загальною тенденцією можна вважати підвищення несучої здатності масивів антропогенних ґрунтів в часі. Інтенсивне перетворення складу цих ґрунтів обумовлено низькою стійкістю їх компонентів в нових термодинамічних умовах, адже багато з них не мають аналогів в природі і піддаються швидкому хімічному розкладанню.

Висновки. В містах діяльність людини активно впливає на хід процесу ґрунтоутворення. В одних місцях процес ґрунтоутворення призупиняється (забудова територій, влаштування штучних покриттів, водоймищ, підрізка ґрунту при вертикальному плануванні, перехід ґрунтів в похований стан при накопиченні на поверхні міста культурних відкладень і т.п.), в інших утворюються нові культурні ґрунти (в парках, скверах, на бульварах, ділянках нового лісорозведення і т.д.). Поряд з цим відбувається антропогенна еволюція природних ґрунтів, їх якісна зміна в результаті вирубки лісів, розорення цілини, меліорації ґрунтів і т.д. Вивчення умов формування та закономірностей поширення техногенних процесів в геологічному середовищі слід розглядати, як частину важливої наукової проблеми взаємодії людини та природи.

Техногенні чинники у ряді випадків можуть здійснювати на фізико-механічні властивості ґрунтів значний вплив, частіше негативний, коли швидкість погіршення властивостей ґрунтів значно перевершує таку в природних умовах. Зміна властивостей ґрунтів є результатом процесів, що протікають в них. Тому вивчення і прогнозування таких змін повинні проводитися з урахуванням головних діючих техногенних чинників.

Таким чином, при техногенному впливі на ґрунти, випадковому чи цілеспрямованому, як правило, можуть одночасно діяти декілька чинників як позитивних, так і негативних. Тому при прийнятті рішень про застосування тих або інших методів впливу на ґрунти, з метою їх поліпшення, необхідно проводити ретельний аналіз впливу усіх можливих чинників з метою отримання очікуваного результату в поведінці ґрунтів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Ананьев В.П. Инженерная геология: Учеб. для строит. спец. вузов / Ананьев В.П., Потапов А.Д. – 3-е изд., перераб. и испр. – М.: Высшая школа, – 2005. – 575 с.
2. Демчишин М.Г. Техногенні впливи на процеси в геологічному середовищі України / М.Г. Демчишин // Геологія в ХХІ столітті. Шляхи розвитку та перспективи. – К.: Знання. – 2001. – С. 93-102.
3. Котлов Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека / Ф.В. Котлов. – М.: Недра, 1978. – 263 с.
4. Котлов Ф.В. Город и геологические процессы / Котлов Ф.В., Брашнина И.А., Сипягина И.К. – М.: Наука, 1967. – 228 с.
5. Механика ґрунтов, основания и фундаменты: Учебное пособие / Под ред. С.Б. Ухова. – 4-е изд., стер. – М.: Высшая школа, – 2007. – 566 с.
6. Хазанов М.И. Искусственные ґрунты, их образование и свойства / М.И. Хазанов. – М.: Наука, 1975. – 135 с.