

УДК 631.41:691.41

ГЛИНИСТІ ГРУНТИ ПРИДНІПРОВСЬКОГО РЕГІОНУ ДЛЯ ГРУНТОБЕТОНУ

ЄЛІСЄЄВА М. О.¹, к.т.н.,
БАБЕНКО М.М.², к.т.н.,
САВИЦЬКИЙ М. В.³, д.т.н, проф.,
СТОУН КЛЕЙТОН⁴, PhD
ПІПА В.В.⁵ к.т.н., директор

¹ Кафедра реконструкції та управління в будівництві, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (096) 377 01 36, e-mail: SMU.TGO@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0003-4474-3255

² Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: babenko.marina@yahoo.com ORCID ID: 0000-0002-0775-0168

³ Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

⁴ Технічний університет Кошице, факультет цивільного будівництва, Висококольській 4, Кошице, Словаччина, +421 917 709 468, e-mail: stone@helske.com

⁵, ТОВ «Капарол Дніпро», тел. +38 / 067 402 76 56, e-mail: pipa@caparol.ua

Анотація. Мета. Дослідження будови, фізико-хімічних і механічних властивостей різних глинистих ґрунтів для виробництва ґрунтобетону. **Методика.** Для досягнення поставленої мети авторами визначалися основні фізичні властивості глинистих ґрунтів відповідно до ДСТУ Б В.2.1-17:2009. **Результати.** Встановлено, що для отримання якісного ґрунтобетону необхідно застосовувати глинисті ґрунти середньої дисперсності із низьким значенням усадки і набрякання, в мінералогічному складі яких переважає каолініт при відсутності органічних домішок. При незадовільних показниках тих чи інших властивостей їх можна видозмінювати шляхом введення відповідних хімічних або мінеральних добавок. Встановлено, що досліджуваний глинистий ґрунт має число пластичності в межах 8,8-11,4 і відноситься до різновиду суглинків. Даний вид ґрунтів найкраще за все зміцнювати цементами в кількості 14-20 % залежно від необхідної міцності ґрунтобетону. **Наукова новизна.** Отримали подальший розвиток уявлення про вплив властивостей глинистих ґрунтів на якість ґрунтобетону. **Практична значимість.** Визначені основні фізичні властивості глинистих ґрунтів Придніпровського регіону. Виявлені шляхи найбільш ефективного їх зміцнення в'язучими речовинами для виготовлення ґрунтобетону.

Ключові слова: глинисті ґрунти; мінералогічний склад глинистого ґрунту; число пластичності глинистого ґрунту; число текучості глинистого ґрунту; ємність катіонного обміну глинистого ґрунту; ґрунтобетон

ГЛИНИСТЫЕ ГРУНТЫ ПРИДНЕПРОВСКОГО РЕГИОНА ДЛЯ ГРУНТОБЕТОНА

ЕЛИСЄЄВА М. А.¹, к.т.н.,
БАБЕНКО М.М.², к.т.н.,
САВИЦЬКИЙ Н. В.³, д.т.н, проф.,
СТОУН КЛЕЙТОН⁴, PhD
ПІПА В.В.⁵, к.т.н., директор

¹* Кафедра реконструкции и управления в строительстве, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (096) 377 01 36, e-mail: SMU.TGO@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0003-4474-3255

² Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: babenko.marina@yahoo.com ORCID ID: 0000-0002-0775-0168

³ Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

⁴ Технический университет Кошице, факультет гражданского строительства, Высококольский 4, Кошице, Словакия, +421 917 709 468, e-mail: stone@helske.com

⁵, ООО «Капарол Днепр», тел.+38 / 067 402 76 56, e-mail: pipa@caparol.ua

Аннотация. Цель. Исследование строения, физико-химических и механических свойств различных глинистых грунтов для производства грунтобетона. **Методика.** Для достижения поставленной цели авторами определялись основные физические свойства глинистых грунтов в соответствии с ДСТУ Б В.2.1-17:2009. **Результаты.** Установлено, что для получения качественных грунтобетонных изделий и конструкций необходимо применять глинистые грунты средней дисперсности с низким значением усадки и набухания, в минералогическом составе которых преобладает каолинит при отсутствии органических примесей. При неудовлетворительных показателях тех или иных свойств их можно видоизменять путем введения соответствующих химических или минеральных добавок. Установлено, что исследуемый глинистый грунт имеет число пластичности в пределах 8,8-11,4 и относится к разновидности суглинков. Данный вид грунтов лучше всего укреплять цементом в количестве 14-20% в зависимости от требуемой прочности грунтобетона. **Научная новизна.** Получили развитие дальнейшие представления о влиянии различных свойств глинистых грунтов на качество грунтобетона. **Практическая значимость.** Определены основные физические свойства глинистых грунтов Приднепровского региона. Выявлены пути наиболее эффективного их укрепления вяжущими веществами для изготовления грунтобетона.

Ключевые слова: глинистые грунты; минералогический состав глинистого грунта; число пластичности глинистого грунта; число текучести глинистого грунта; емкость катионного обмена глинистого грунта; грунтобетон

CLAY SOILS OF THE PRYDNIPROVSK REGION FOR EARTH-CONCRETE

YELISIEIEVA M. O. ¹, *Cand. Sc. (Tech.)*,

BABENKO M.M.² *Cand. Sc. (Tech.)*,

SAVYTSKYI M. V. ³, *Dr. Sc. (Tech.)*, *Prof.*,

STONE CLAYTON ⁴, *PhD*

PIPA V.V. ⁵, *PhD*, *Director*

¹ Department of Reconstruction and Management in Construction, State Higher Educational Establishment «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», Chernyshevskiy, St., 24-a, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49600, tel. +38 (096) 377 01 36, e-mail SMU.TGO@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0003-4474-3255

² Department of Reinforced-Concrete and Stone Constructions, State Higher Education Establishment «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernyshevskiy Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: babenko.marina@yahoo.com ORCID ID: 0000-0002-0775-0168

³ Department of Reinforced-Concrete and Stone Constructions, State Higher Education Establishment «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernyshevskiy Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

⁴ Technical University of Kosice, Civil Engineering faculty, Vysokoskolska 4, Kosice, Slovak Republic, +421 917 709 468, e-mail: stone@helske.com

⁵ „Caparol Dnipro“ LCC, +38 / 067 402 76 56, e-mail: pipa@caparol.ua

Abstract. Purpose. Study of the structure, physico-chemical and mechanical properties of various clay soils for earth-concrete industrial production. **Methodology.** To achieve this goal, the authors have determined the basic physical properties of clay soils in accordance with Ukrainian State Standard 2.1-17-2009. **Findings.** It is established that in order to obtain high quality concrete products and structures it is necessary to use clay soils of medium dispersity, with low shrinkage and swelling, in the mineralogical composition of which kaolinite predominates, in the absence of organic impurities. If the indices of certain properties are not satisfactory, it can be modified by the introduction of appropriate chemical or mineral additives. It has been established that the investigated clay soil has a plasticity number in the range of 8.8-11.4 and refers to a variety of loams. It was revealed that this kind of soils is best strengthened with cement in an amount of 14-20%, depending on the required strength of the concrete. **Originality.** The further ideas about the role of various properties of clay soils on the quality of concrete products and structures have been received. **Practical value.** The basic physical properties of clay soils of the Dnieper region have been determined. The ways of its most effective strengthening by astringents and the manufacture of concrete products and structures have been revealed.

Keywords: clay soils; mineralogical composition of clay soil; plasticity number of clay soil; flowability number of clay soil; cation-exchange capacity of clay soil; earth-concrete

Вступ

За оцінками різних фахівців до 40-50 % порід, що перебувають у верхній частині земної кори, є глинистими. Це дає можливість говорити про доступність і дешевизну цієї сировини при виробництві будівельних матеріалів, виробів і конструкцій. У нинішній час існує значна кількість технологій для виготовлення якісних випалювальних матеріалів із глини: стінові (керамічні цегли, пустотілі камені), облицювальні (плитки для фасадів і внутрішнього облицювання), теплоізоляційні (діатомітові, трепельні вироби, ніздрювата кераміка), різні штучні заповнювачі (керамзит, аглопорит та ін.), санітарно-технічні вироби (умивальники, ванни, труби та ін.) і т.д. Серед їх недоліків можна відзначити високу енергоємність процесу виробництва, залучення сушильних і високотемпературних печей. Істотною економічною ефективністю від використання глинистих ґрунтів можна досягти при розробці технологій, що дозволяють виготовляти якісні матеріали із глини безпосередньо на будівельному майданчику без застосування теплових агрегатів. Для цього необхідно чітко розуміння властивостей глинистих ґрунтів та їх впливу на процеси структуроутворення виробів, що виготовляють на їх основі.

Питання підвищення ефективності ґрунтобетонних матеріалів і виробів активно розглядаються у Росії, Німеччині, США, Індії та ін. країнах [1-15]. Вони висвітлені в роботах А. Г. Ольгинського, В. М. Безрука, В. М. Кнатько, Г. Мінке, Б. Берге, А. П. Комохова, А. І. Теличенко, А. П. Павлова, В. В. Строкової, М. А. Сторожука, М. В. Савицького та ін.

Мета

Розгляд будови, фізико-хімічних і механічних властивостей різних глинистих ґрунтів для виробництва якісного безвипалювального ґрунтобетону.

Методика

Для досягнення поставленої мети авторами визначалися основні фізичні властивості глинистих ґрунтів відповідно до ДСТУ Б В.2.1-17:2009.

Результати

Глинистий ґрунт - зв'язний мінеральний ґрунт, що має число пластичності $I_p \geq 1$. Згідно [7], глинисті ґрунти підрозділяються на суглинки, супіски та глини.

Гранулометричний склад глинистих ґрунтів дуже різноманітний. Ця характеристика залежить від мінералогічного та хімічного складу ґрунтів і впливає на їх фізичні та технологічні властивості: вологість, пластичність, повітряну та вогняну усадку з'єднувальну здатність і т.д. Супіски утворюють глинисто-пилувато-піщану систему, що містить 3-10 % глинистих часток; глини - піщано-глинисто-пилувату або піщано-пилувато-глинисту систему із вмістом цих же часток близько 30-60 % і вище [5].

У цілому, за крупністю часток глинисті ґрунти діляться на 4 фракції: гравійну з розміром зерен більше 2 мм, піщану - від 50 мкм до 2 мм (0,5-2 мм), пилувату - від 5 до 50 мкм (0,5-0,05 мм), глинисту - менш 5 мкм до 0,05 мм. На думку деяких учених [13] крім вищезгаданих фракцій у глинах варто виділити ще колоїдні частки розміром від 100 до 1 нм, а розмір глинистих часток установити в межі від 5 мкм до 0,1 мкм (0,05-0,001 мм).

Гравійна фракція в складі глинистих ґрунтів може бути відсутньою. При цьому, якщо в глинистій фракції переважають мінерали, які сприяють хімічній взаємодії ґрунтів та обраної в'язучої речовини, то міцність одержуваних матеріалів зростає і, навпаки, при перевазі в складі глинистих часток ґрунтів небажаних мінералів міцність матеріалів знижується [8]. Висока дисперсність ґрунтів негативно позначається на значенні їх повітряної та вогняної усадки, призводить до утворення тріщин у виробках. Щоб уникнути цих недоліків діючи в Україні норми по улаштуванню шарів дорожніх одягів автомобільних доріг [2] та інші джерела [1; 12] рекомендують оптимізувати склад глинистих ґрунтів і зменшувати ступінь дисперсності шляхом введення різних гранулометричних добавок: золи-виносу, золошлакових сумішей, піску, відходів каменеподрібнення або легких суглинків.

На мінеральний склад і структурні особливості глинистих ґрунтів багато в чому впливають умови їх утворення.

Головним чином, у їх мінеральний склад входять уламкові (піщані та пилуваті) частки і тонкодисперсні речовини глинистих мінералів. За типом наявних домішок у глинистих породах їх розділяють на карбонатні, загіпсовані, з рослинними залишками (із вмістом 5-10 %) і інші різновиди. Основними мінералами глинистих ґрунтів є: каолініт, монтмориллоніт, гідрослюда, у меншій мірі польові шпати, хлорит та ін. Саме вони надають цим ґрунтам особливі властивості: пластичність, здатність до набрякання, високий іонний обмін, гідрофільність і т.д. [5]. Всі глинисті мінерали рухливі системи, більшість із яких має шестигранну пластинчасту кристалічну структуру [9].

Каолініт - досить стійкий мінерал γ -модифікації, що має хімічну формулу $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ [3]. Двошаровий каолініт має кристалічну будову та складається з одного тетраедричного і одного октаедричного шарів. Він характеризується низьким ступенем набрякання при зволоженні водою та невисокою обмінною здатністю. Катіонний обмін здійснюється лише по зовнішніх гранях кристалів, у міжпакетному просторі він не відбувається [9].

Монтмориллоніт - $(Al, Mg)_2(OH)_2[Si_4O_{10}] \cdot H_2O$ має високу поглинальну здатність. Зустрічається переважно у вигляді щільних прихованокристалічних мас [3]. Кристалічні грати монтмориллоніта можуть збільшуватися внаслідок розсушення шарів при їх змочуванні водою. Катіонний обмін здійснюється і по зовнішніх гранях кристалів, і в міжпакетному

просторі кристалічних грат. Це знижує лужність середовища і викликає повільне протікання процесу гідратації мінералів в'язучих речовин [9]. Гідроліди - гідроалюмосилікати, до складу яких входять залізо, магній, луги та ін. Вони є продуктами гідратації слюд із перемінним складом і властивостями. Ці мінерали займають проміжне положення між слюдами та каолінітом (монтмориллонітом). До них відносяться наступні мінерали: іліт, вермикуліт, глауконіт [3].

Хлорити – водні силікати Al, Mg, Fe³⁺, Cr, які мають складний перемінний склад. Вони є вторинними утвореннями в ході зміни слюд, піроксенів, олівінів та ін. мінералів. Складаються з листових і лускатих агрегатів і суцільних мас [3].

При вмісті монтмориллоніта в глинистій фракції більше 50 % у загальній масі ґрунту в нього рекомендується додавати легкорозчинні солі, поверхнево-активні речовини, кремнійорганічні з'єднання та ін. Вони адсорбуються поверхнею часточок ґрунту і утворюють захисні плівки, що перешкоджають набряканню монтмориллонітових глинистих фракцій при їх зволоженні [12].

Природна вагова вологість глинистих ґрунтів може мати значення від 5-10 до 100 % і більше. Найбільшу вологість мають монтмориллонітові глини, найменшу - каолінітові глини. Значення вологості збільшується, якщо в глинистих ґрунтах присутні органічні домішки, гіпс та ін., що мають високу гідрофільність.

Глинисті ґрунти в порівнянні із іншими ґрунтами мають найбільш складну та різноманітну мікробудову. Серед них згідно В. І. Осипову та В. Н. Соколову можна виділити 8 основних типів: скелетну, матричну, ніздрювату, ламінарну, турбулентну, губчасту, доменну та псевдоглобулярну. Найпоширенішими є ніздрювата, скелетна та турбулентна мікробудова глин. При ніздрюватій мікробудові глинисті ґрунти відрізняються високою пористістю близько 60-70 % і вологістю в межах 55-300 %. Це надає їм прихованотекучу консистенцію, а також низькі показники міцності. Ґрунти із скелетною мікробудовою характеризуються більшою ущільненістю, а відповідно і більш низькою пористістю (40-60 %) та меншою вологістю (35-50 %). Міцність таких ґрунтів вище, ніж міцність ґрунтів ніздрюватої мікробудови. Ґрунти з турбулентною мікробудовою є найбільш щільними. Їх пористість перебуває в межах 26-40 %, консистенція тугопластична та напівтверда, міцність відносно висока; мають перехідний змішаний тип структурних зв'язків.

Щільність твердих часток глинистих ґрунтів перебуває в межах 2,50-2,85 г/см³. При наявності органічних домішок їх щільність знижується. Також низькі показники цієї величини у монтмориллонітових глинах. Щільність глинистих ґрунтів змінюється від 1,30 до 2,30 г/см³.

Пористість глинистих ґрунтів перебуває в широких межах 25-60 %, переважають відкриті пори, доступні для проникнення води.

За водопроникністю більшість глин і суглинків відносяться до слабопроникних і водонепроникних ґрунтів. Їх коефіцієнт фільтрації становить 10⁻³-10⁻⁵ м/добу. Цьому сприяє ультракапілярна пористість глин і суглинків, при якій у порах речовини є зв'язана вода підвищеної в'язкості, що перешкоджає фільтрації ґрунту водою до певної межі.

Глинисті ґрунти мають такі властивості як: набрякання - збільшення об'єму при зволоженні та усадка - зменшення об'єму при висушуванні. Ці характеристики можуть досягати 25-30 % і більше. Найбільш гідрофільними і набухаючими є глини, що мають у своєму складі високий вміст монтмориллоніту, змішаношаруватих мінералів та органічних домішок. Глини, що містять солі і мінерали типу каолініту - слабогідрофільні, їх показники набрякання та усадки нижчі [5].

Одним із найважливіших факторів, що впливають на доцільність застосування ґрунтів як сировини для виробництва ґрунтобетонних виробів є ємність їх обміну, пов'язана з іонно-обмінними властивостями ґрунтів. Оскільки глинисті колоїдні частки мають електричний заряд, то при взаємодії з розчином електроліту вони здатні своєю поверхнею поглинати з нього іони. При цьому в розчин електроліту переходить еквівалентна кількість іонів із ґрунту. Такий процес називається іонним обміном ґрунтів і є різновидом обмінної адсорбції (фізико-хімічного поглинання). Залежно від знаку заряду іоніти (адсорбенти) діляться на катіоніти та аніоніти. Більша частина дисперсних ґрунтів має катіонний обмінний комплекс. Оцінка іонного обміну ґрунтів дається за допомогою показника ємності обміну ґрунту (СЕС) - концентрації іонів, здатних до обміну в поглиненому комплексі іоніту. Виражається в мг·екв на 100 г ґрунту або кг·екв на 1 м³ ґрунту. Цей показник постійний для даного ґрунту в даних умовах. Він не залежить від природи катіону, а лише від умов, у яких відбувається іонний обмін [5; 12]. За Ф. Д. Овчаренко розрізняють мінерали з високою ємністю обміну, у яких СЕС > 80 мг·екв на 100 г ґрунту (монтмориллоніт, вермикуліт, смектит та ін.); із середньою ємністю обміну, у яких СЕС=15-80 мг·екв на 100 г ґрунту (іліти, хлорит); з низькою ємністю обміну, у яких СЕС < 15 мг·екв на 100 г ґрунту (каолініт, галлуазит) [5].

Величина ємності обміну залежить від рН середовища та температурних умов протікання іонного обміну в ґрунтах. Так, збільшення рН середовища в глинистих ґрунтах підвищує її. При цьому водневий показник може змінюватися в ході процесу іонного обміну. Підвищення температури прискорює інтенсивність іонного обміну [5].

У поглинальному комплексі ґрунтів найпоширеніші наступні іони: Н⁺, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, Fe³⁺. При насиченні поглинального комплексу ґрунту двох- і багатовалентними катіонами типу Ca²⁺,

Mg^{2+} , Fe^{3+} його гідрофільність знижується, проходить процес коагуляції тонкодисперсних часток. Це сприяє зміцненню таких ґрунтів за допомогою портландцементу, бітуму або дьогтю. За наявності в поглинальному комплексі ґрунту катіонів H^+ та Al^{3+} , які надають йому кислого середовища, він характеризується підвищеними гідрофільністю та дисперсністю. Перш ніж зміцнювати такі ґрунти портландцементом необхідно провести нейтралізацію їх кислотності шляхом введення до них у невеликій кількості вапна. Найліпшим зміцнювальним в'язучим кислих ґрунтів є синтетичні смоли (карбамідні та ін.). При насиченні ґрунту катіонами лужних металів Na^+ , K^+ , у вологому стані із лужним середовищем, він характеризується високим розмоканням, підвищеними показниками набрякання та низькою міцністю [5; 12].

Ємність катіонного обміну глинистих ґрунтів перебуває в широких межах. Для супісків вона становить 2-5 мг·екв на 100 г твердих часток, для мономінеральних монтмориллонітових глин 120-150 мг·екв на 100 г твердих часток. Більшість глинистих ґрунтів має кальцієвий обмінний комплекс [5].

Таким чином, іонно-обмінні властивості ґрунтів - важлива характеристика, що викликає агрегування тонкодисперсних часток, збільшення розміру пор і що приводить, в остаточному підсумку, до зміни їх мікроструктури, фізичних, хімічних і механічних властивостей [5; 12].

Також важливою властивістю ґрунтів при їх взаємодії з іншими речовинами є їх здатність до хімічної адсорбції, що проявляється в поглинанні розчинних речовин з розчину та утворенні на своїй поверхні та у порах часток нерозчинних і важкорозчинних речовин. На цій здатності і базуються способи зміцнення ґрунтів в'язучими речовинами.

Для глинистих ґрунтів, які застосовуються як сировина при виробництві будівельних матеріалів, виробів і конструкцій одним з основних показників їх якості є число пластичності. Воно характеризується здатністю глинистого ґрунту у вологому стані під дією зовнішніх сил формуватися без утворення тріщин і розривів і зберігати придбану форму після зняття цих сил. Дослідження ряду авторів [4; 12], показують, що чим нижче число пластичності ґрунту, тим вище міцність одержуваного з нього ґрунтобетону. З підвищенням числа цього показника потрібно підвищувати витрату цементу і тим менш однорідною виходить ґрунтобетонна суміш.

Відповідно до ДСТУ Б В.2.1-17:2009 [6] нами були проведені дослідження основних фізичних властивостей ґрунтів, відібраних із глибини 2-3 м сел. Новоолександрівка Дніпропетровської області, результати яких наведені в табл. 1.

Згідно ДСТУ Б В.2.1-2-96 (ГОСТ 25100-95) [7] глинисті ґрунти із числом пластичності, що перебуває в межах $I_p=7-17$ відносяться до різновиду

суглинків. Аналіз літературних джерел [2; 4; 12] показує, що даний вид ґрунтів найкраще за все зміцнювати цементами в кількості 8-14 % за оптимальної вологості до маси цементоґрунту 14-20 % залежно від необхідної міцності ґрунтобетону.

Нами при підборі оптимального складу ґрунтобетону, який би забезпечував одержання необхідної механічної міцності ґрунтобетонних плит перекриття для малоповерхового будівництва, був вибраний цемент в кількості 10 %. Максимальна міцність отриманого ґрунтобетону склала 4,73 МПа.

Детально про спосіб приготування ґрунтобетонних сумішей, склади та фізико-механічні властивості ґрунтобетонів описано в нашій роботі [11].

Таблиця 1

Основні фізичні властивості досліджуваних глинистих ґрунтів / The basic physical properties of investigated clay soils

№ п/п	Назва характеристики	Одиниці вимірювання	Номер проби відібраного ґрунту	
			1	2
1	Природна вологість	%	9,95	10
2	Вологість на межі текучості	%	29,78	29,6
3	Вологість на межі розкочування	%	18,38	20,77
4	Число пластичності	—	11,4	8,8
5	Показник текучості	—	-0,79	-1,22
6	Консистенція	—	тверда	тверда

Наукова новизна та практична значимість

Отримали подальший розвиток уявлення про роль різноманітних властивостей глинистих ґрунтів на якість виготовлення із них ґрунтобетону.

Визначені основні фізичні властивості глинистих ґрунтів Придніпровського регіону. Виявлені шляхи найбільш ефективного їх зміцнення в'язучими речовинами для виготовлення ґрунтобетону.

Висновки

Для отримання якісного ґрунтобетону рекомендується застосовувати глинисті ґрунти середньої дисперсності із низьким значенням усадки і набрякання, в мінералогічному складі яких переважає каолінит, при відсутності органічних домішок. При незадовільних показниках тих чи інших властивостей їх можна видозмінювати шляхом введення відповідних хімічних або мінеральних добавок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вдовин, Е. А. Исследование долговечности модифицированного цементогрунта дорожного назначения / Е. А. Вдовин, Л. Ф. Мавлиев // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. - № 11. – С. 76-79.
2. Галузеві будівельні норми України ГБН В. 2.3. – 37641918-554:2013. Автомобільні дороги. Шари дорожнього одягу з кам'яних матеріалів, відходів промисловості і ґрунтів, укріплених цементом. Проектування та будівництво. – На заміну ВБН В.2.3-218-002-95 ; надано чинності 2013-11-01. – Київ : Державне агентство автомобільних доріг України (Укравтодор), 2013. – 43 с.
3. Горшков, В. С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ: учеб. пособие / В. С. Горшков, В. В. Тимашев, В. Г. Савельев. – М.: Высш. шк., 1981. – 335 с.
4. Гришина, В. А. Грунтобетон с микроармирующими минеральными и органическими добавками для строительства сельских дорог и сооружений: дис. ... кандидата техн. наук : 05.23.05/ Гришина Виктория Александровна. – Новосибирск, 2010. – 193 с.
5. Грунтоведение : учеб. для студ. ВУЗов / [В. Т. Трофимов, В. А. Королев, Е. А. Вознесенский, Г. А. Голодковская, Ю. К. Васильчук, Р. С. Зиангиров] : под ред. В. Т. Трофимова. – [6-е изд., переработ. и доп.]. – М. : Изд-во МГУ, 2005. – 1024 с.
6. Державний стандарт України ДСТУ Б В.2.1-17:2009. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей. – Зі скасуванням ГОСТ 5180-84 ; надано чинності 2009-12-22. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 32 с.
7. Державний стандарт України ДСТУ Б В. 2.1-2-96 (ГОСТ 25100-95). Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Класифікація. – На заміну ГОСТ 25100-82 ; надано чинності 1996-11-01. – Київ : Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – 47 с.
8. Кнатъко, В. М. Укрепление дисперсных грунтов путем синтеза неорганических вяжущих. – Ленинград : Изд-во Ленинградского университета, 1989. – 272 с.
9. Минке, Г. Глинобетон и его применение / Г. Минке. – Калининград: Янтраный сказ, 2004. – 232 с.
10. Прочность грунтобетон в зависимости от состава смеси / Н. В. Савицкий, М. А. Елисева, Г. И. Кузьмин, Н. В. Новиченко, Е. А. Бардах, Е. О. Евсеев // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Днепропетровськ, 2015. – Вып. 82. – С. 179-186.
11. Савицкий, Н. В. Эффективная технология производства самана / Н. В. Савицкий, Н. А. Сторожук // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Днепропетровск, 2014. – № 4. – С. 11– 15.
12. Укрепленные грунты. (Свойства и применение в дорожном и аэродромном строительстве) / В. М. Безрук, И. Л. Гурычков, Т. М. Луканина, Р. А. Агапова. – Москва : Транспорт, 1982. – 231 с.
13. Шлегель, И.Ф. О строении глин / И. Ф. Шлегель // Строительные материалы. - 2013. - № 6. - С. 56
14. Berge, V. The ecology of building materials / V. Berge: translated by C. Butters and F. Henley. – Second edition. – Oxford: Architectural Press Publ., 2009. – 427 p.
15. Lekha, V.M. [Evaluation of lateritic soil stabilized with Arecanut coir for low volume pavements](https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2014.09.001) / V.M. Lekha, S. Goutham, A.U.R. Shankar // Transportation Geotechnics. – 2015. – N. 2. – Access Mode : DOI : [10.1016/j.trgeo.2014.09.001](https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2014.09.001).

REFERENCES

1. Vdovin Ye.A., Mavliyev L.F. *Issledovaniye dolgovechnosti modifitsirovannogo tsementogrunta dorozhnogo naznacheniya* [The durability analysis of modified soil cement for road purpose]. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo* [Industrial and civil engineering], 2014, no. 11, pp. 76-79.
2. HBN V. 2.3. – 37641918 – 554:2013. *Avtomobilni dorohy. Shary dorozhnoho odiahu z kamianykh materialiv, vidkhodiv promyslovosti i gruntiv, ukriplenykh tsementom. Proektuvannia ta budivnytstvo*. [Sectoral construction standards 2.3. – 37641918–554–2013. Motor roads. Road pavement layers of stone materials, industrial waste and soils reinforced with cement. Designing and construction]. Kyiv, Derzhavne ahentstvo avtomobilnykh dorih Ukrainy (Ukravtdor) Publ., 2013. 43 p.
3. Gorshkov V.S., Timashev V.V., Savelyev V.G. *Metody fiziko-khimicheskogo analiza vyazhushchyykh veshchestv* [Methods of physical-chemical analysis of binding materials]. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 1981. 335 p.
4. Grishina V. A. Soil-concrete with micro reinforcing mineral and organic additions for construction of rural roads and structure: dis. ... candidate of tech. sciences : 05.23.05/ Grishina Viktoriya Aleksandrovna. – Novosibirsk, 2010. – 193 p.
5. V. T. Trofimov, V. A. Korolev, Ye. A. Voznesenskiy, G. A. Golodkovskaya, Yu. K. Vasilchuk, R. S. Ziangirov : edited by V. T. Trofimov. *Gruntovedeniye* [Soil science]. Moscow, MGU Publ., 2005. 1024 p.

6. DSTU B.V. 2.1-17:2009. *Osnovy ta pidvalyny budynkiv i sporud. Grunty. Metody laboratornoho vyznachennia fizychnykh vlastyvostei*. [State Standard 2.1-17-2009. Bases and foundations of buildings and structures. Soils. Laboratory methods for determination of physical characteristics]. Kyiv, Minrehionbud Ukrainy Publ., 2010. 32 p.
7. DSTU B.V. 2.1-2-96 (HOST 25100-95). *Osnovy ta pidvalyny budynkiv i sporud. Grunty. Klasyfikatsiia*. [State Standard 2.1-2-96. Bases and foundations of buildings and structures. Soils. Classification]. Kyiv, Derzhavnyi komitet Ukrainy u spravakh mistobuduvannia i arkhitektury Publ., 1997. 47 p.
8. Knatko V. M. *Ukrepleniye dispersnykh gruntov putem sinteza neorganicheskikh vyazhushchikh* [Disperse soils stabilization by synthesis of inorganic matter]. Leningrad, Leningrad University Publ., 1989. 272 p.
9. Minke G. *Glinobeton i yego primeneniye* [The clay-containing concrete and its application]. Kaliningrad, Yantarnyy skaz Publ., 2004. 232 p.
10. Savytskyi M.V., Yelisieieva M.O., Kuzmin H.I., Novichenko N.V., Bardakh Ye.A., Yevsieiev Ye.O. *Prochnost gruntobetonov v zavisimosti ot sostava smesi* [Soil-concretes strength depending on the proportion of mixture]. *Stroitelstvo, materilovedeniye, mashynostroyeniye* [Construction, materials, mechanical engineering], 2015, issue 82, pp. 179-186.
11. Savytskyi M.V., Storozhuk M.A. *Effektivnaya tekhnologiya proizvodstva samana* [Effektive technology of adobe]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniproprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture], 2013, issue 8, pp. 4-9.
12. Bezruk V.M., Guryachkov I.L., Lukanina T.M., Agapova R.A. *Ukreplennyye grunty. (Svoystva i primeneniye v dorozhnom i aerodromnom stroitelstve)* [Stabilized soils. (Properties and application in the road and airfield construction)]. – Moscow, Transport Publ., 1982. 231 p.
13. Shlegel I.F. *O stroyenii glin* [On the structure of clay] *Stroitelnyye materialy* [Building materials], 2013, no. 6, pp. 56.
14. Berge B. *The ecology of building materials*. Translated by C. Butters and F. Henley. – Second edition. – Oxford: Architectural Press Publ., 2009. – 427 p.
15. Lekha B.M., Goutham S., Shankar A.U.R. [Evaluation of lateritic soil stabilized with Arecanut coir for low volume pavements](#). *Transportation Geotechnics*, 2015, no. 2. doi: [10.1016/j.trgeo.2014.09.001](https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2014.09.001).

Статья поступила в редколлегию 07.05.2017