

## **МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕСЧАНЫХ И ПЫЛЕВАТО-ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПЕРУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ**

Левенко А.М., Бронжаев М.Ф.

Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова  
г. Харьков, Украина

**АНОТАЦІЯ:** Отримано чисельні значення зміни механічних характеристик піщаних і пилувато-глинистих ґрунтів в результаті інфільтрації в них розчинів перексусної кислоти різних концентрацій.

**АННОТАЦИЯ:** Получены численные значения изменения механических характеристик песчаных и пылевато-глинистых грунтов, в результате инфильтрации в них растворов перуксусной кислоты различных концентраций.

**ABSTRACT:** The numeral values of change of mechanical descriptions of sandy and clay soils are got, as a result of infiltration in them solutions of peracetic acid of different concentrations.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** набухающие грунты, перуксусная кислота, химическое набухание.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В современной практике эксплуатации зданий и сооружений пищевой промышленности наблюдаются случаи замачивания грунта оснований не только водой, но и другими жидкостями, в частности, растворами различных кислот. Это нередко приводит к значительным деформациям оснований, что в свою очередь влияет на прочность и долговечность, как фундаментов, так и надфундаментных конструкций [1, 2].

Вследствие замачивания грунтов промышленными стоками в основания сооружений попадают химически активные растворы различ-

ных концентраций, под воздействием которых грунты заметно изменяют свои свойства. Так, в результате физико-химических процессов и обменных реакций в грунтах, происходит увеличение объёма грунтов [3]. Это явление получило название "химическое набухание" [4].

Существующие нормы [5, 6] регламентируют лишь правила проектирования на набухающих грунтах, но не дают возможности прогнозировать дальнейшее поведение основания в случае химических загрязнений и назначать соответствующие защитные мероприятия на стадии проектирования промышленных зданий и сооружений.

Следует отметить, что практически все известные исследования рассматривали область неорганических кислот, в то время как в реальных производственных процессах широко применяются кислоты органического происхождения [1, 6 - 9]. Исследования, проведенные на пылевато-глинистых и песчаных грунтах, показали, что под воздействием различной внешней нагрузки при замачивании оснований возможны два вида деформаций – набухание и просадка.

Авторами были изучены параметры, влияющие на набухающие свойства грунтов от воздействия органической кислоты [10 - 12]. Были выявлены зависимости между концентрацией инфильтруемой кислоты и величиной свободного набухания. Однако остался нерешенным вопрос влияния органических кислот на механические свойства как песчаных, так и пылевато-глинистых грунтов. Для изучения влияния растворов перуксусной кислоты различных концентраций на механические свойства грунтов были исследованы следующие их виды, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Физические характеристики исследуемых грунтов

Исследуемые грунты	Физические характеристики исследуемых грунтов
Песок пылеватый, кварцевый	$\omega = 7,4\%$ , $\gamma = 1,75 \text{ г/см}^3$ , $\gamma_s = 2,67 \text{ г/см}^3$ , $L < 3\%$
Супесь буровато-жёлтая, пластичная	$\omega = 6,3\%$ , $\gamma = 1,82 \text{ г/см}^3$ , $\gamma_s = 2,69 \text{ г/см}^3$ , $3 < L < 10\%$
Суглинок тяжелый, желто-коричневый, тугопластичный	$\omega = 15,8\%$ , $\gamma = 1,89 \text{ г/см}^3$ , $\gamma_s = 2,85 \text{ г/см}^3$ , $10 < L < 30$
Глина серая, полутвердая	$\omega = 40,8\%$ , $\gamma = 1,75 \text{ г/см}^3$ , $\gamma_s = 2,71 \text{ г/см}^3$ , $L > 30\%$

Большое влияние на набухание грунтов имеет их минералогический состав и, главным образом, содержание глинистых частиц. Авторами был введен показатель  $L$  - содержание глинистых частиц в грунте, выраженное в % [10].

При увеличении показателя  $L$  величина свободного химического набухания грунта  $\varepsilon_{sw0}$  увеличивается в 1,9...59,8 раз по отношению к величине свободного набухания при замачивании водой.

Исследуемые грунты замачивались водой и перуксусной кислотой в концентрации 1%, 2%, 3%.

Широкое применение в пищевой промышленности моющего дезинфицирующего средства Axonia-active 150 обусловило необходимость выполненных исследований авторов.

Выбор рабочих концентраций кислоты обоснован тем, что в производстве применяются растворы крайне низких концентраций (0,1%). Однако, учитывая способность химических веществ накапливаться в порах грунта, исследуемые концентрации были повышены до 1...3%.

Исследовалось изменение величин свободного набухания  $\varepsilon_{sw0}$ , давления набухания  $P_{sw}$ , коэффициента внутреннего трения  $\varphi$ , удельного сцепления  $C$ , модуля деформации  $E$  под воздействием перуксусной кислоты. В результате испытаний на компрессионных (рис. 1) и сдвиговых приборах были получены количественные зависимости химического набухания от концентрации кислоты.



Рис.1. Компрессионный прибор КПР-1М

Результаты исследований приведены в табл. 2.

В результате исследований была определена зависимость величины свободного набухания  $\varepsilon_{sw0}$  от концентрации раствора кислоты. Было установлено, что величина и время набухания грунтов возрастают с увеличением концентрации кислоты. Величина относительного набухания грунта (от воды) в 2...17 раз меньше, чем химическое относительное набухание [12]. При этом наибольшая разница видна при возрастании концентрации кислоты до 2...2,5%.

Таблица 2

Результаты исследования изменения механических характеристик грунтов от воздействия перуксусной кислоты

Исследуемый грунт	Концентрация кислоты	$\varphi$ , Град	$C$ , кПа	$E$ , МПа
песок пылеватый, кварцевый, $\omega = 7,4\% \quad \gamma = 1,75 \text{ г/см}^3$ $\gamma_s = 2,67 \text{ г/см}^3$	вода	36,3	8,0	31,58
	1 %	35,6	8,0	22,9
	2 %	33,6	6,0	22,03
	3 %	33,0	2,0	21,57
супесь буровато-жёлтая, пластичная $\omega = 6,3\% \quad \gamma = 1,82 \text{ г/см}^3$ $\gamma_s = 2,69 \text{ г/см}^3$	вода	32,13	5,0	22,65
	1 %	31,38	4,3	21,98
	2 %	29,78	3,7	20,84
	3 %	27,83	3,0	19,93
суглинок тяжелый, желто-коричневый, тугопластичный $\omega = 15,8\% \quad \gamma = 1,89 \text{ г/см}^3$ $\gamma_s = 2,85 \text{ г/см}^3$	вода	33,26	9,4	26,7
	1 %	29,29	6,3	24,83
	2 %	27,53	5,4	21,34
	3 %	26,73	5,2	16,9
глина серая, полутвердая $\omega = 40,8\% \quad \gamma = 1,75 \text{ г/см}^3$ $\gamma_s = 2,71 \text{ г/см}^3$	вода	26,7	39	22,41
	1 %	24,19	35,3	21,9
	2 %	23,77	32,7	19,43
	3 %	22,0	32,0	18,96

Из результатов проведенной работы видно, что с увеличением концентрации кислоты от 0% (вода) до 3% модуль деформации  $E$  уменьшается на 15...40%, от величины в естественном состоянии. Удельное сцепление  $C$  уменьшается на 25...60 %, а угол внутреннего трения  $\varphi$  уменьшается на 11...19%.

Что касается песчаных грунтов, то при замачивании растворами кислоты наблюдается возникновение давления набухания. С увеличением концентрации инфильтруемой кислоты до 3%  $P_{sw}$  возрастает 0,022 МПа. В то время как при замачивании водой у песчаных грунтов набухание не возникает вообще. Для глинистых грунтов набухание проявляется уже при 0,5 % кислоты и с увеличением ее до 3% давление набухания  $P_{sw}$  достигает значения 0,175 МПа.

Полученные результаты, очевидно, указывают на то, что растворы органической кислоты (перуксусной) являются весьма сильным реагентом в плане химического набухания грунтовых оснований различного генезиса.

Инфильтрация перуксусной кислоты крайне негативно влияет на механические свойства как пылевато-глинистых грунтов, так и песчаных. Даже малые концентрации перуксусной кислоты позволяют классифицировать грунты с очень небольшим содержанием глинистых частиц, как средне и сильнонабухающие.

## ВЫВОДЫ

1. Увеличение концентрации перуксусной кислоты в грунтах различного генезиса приводит к увеличению как относительного свободного набухания, так и свободного химического набухания в 2...17 раз.

2. С увеличением концентрации кислоты модуль деформации  $E$  уменьшается на 15...40%, удельное сцепление  $C$  уменьшается на 25...60%, а угол внутреннего трения  $\varphi$  уменьшается на 11...19%.

3. С увеличением концентрации инфильтруемой кислоты давление набухания  $P_{sw}$  возрастает до 0,022 МПа для песков и до 0,175 МПа для глинистых грунтов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бронжаев М.Ф. Химическое закрепление закисленного грунта на Славянском ПО "ХИМПРОМ" / Бронжаев М.Ф. // Коммунальное хозяйство городов. - К.: Техніка, 1996. - С. 95-98.
2. Мишурова Т.В. Закрепление песчаных оснований, загрязненных фосфорнокислыми промстоками, в условиях действующего производства: дисс... канд. тех. наук: 05.23.02. - Днепропетровск, 2001. – 171 с.
3. Ржаницын Б.А. Химическое закрепление грунтов в строительстве / Ржаницын Б.А. - М.: Стройиздат, 1986. - 263 с.
4. Інженерні вишукування для будівництва: ДБН А.2.1-1-2008. – [Чинні від 2008-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. - II, 76 с. – (Будівельні норми України).
5. Грунти. Лабораторні випробування. Загальні положення: ДСТУ Б В.2.1-3-96 (ГОСТ 30416-96). - [Чинні від 1997-01-01]. – К.: Державний комітет України у справах містобудування та архітектури, 1997. – III, 18 с. – (Державний стандарт України).
6. Мальцев А.В. Химическое пучение грунтов в основании сооружений: дисс... канд. техн. наук: 05.23.02. – М., 1993, - 399 с.
7. Radhakrishnan, G. & Dr M. Anjan Kumar. (2014). Dr GVR Prasada Raji. Swelling properties of expansive soils treated with chemicals and flash. American Journal of Engineering Research (AJER), volume 03, issue 04. - pp 245-250.

8. Голли О.Р. Использование закономерностей набухания глинистых грунтов в строительстве / Голли О.Р. // Реконструкция городов и геотехническое строительство, 2004. - №8.
9. Соколович В.Е. Химическое пучение глинистых и песчаных грунтов. Основания, фундаменты и механика грунтов / Соколович В.Е. – 1995. - №4.
10. Бронаев М.Ф. Исследование параметров, влияющих на набухающие свойства грунтов / М.Ф. Бронаев, А.М. Лвенко // Ресурсоэкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. - Рівне, 2015. - №30. – С. 448-456.
11. Левенко Г.М. Визначення буферних властивостей пілувато-глинистих та піщаних ґрунтів / Г.М. Левенко // Збірник наукових праць УЖУЗТ. - Харків, 2015. - №153. – С. 143-148.
12. Бронаев М.Ф. Исследования набухания песчаных и глинистых грунтов от растворов перуксусной кислоты / М.Ф. Бронаев, А.М. Лвенко // Світ геотехніки, 2015. - № 2(46).

## REFERENCES

1. Bronzhaev M.F. Himicheskoe zakreplenie zakislochenogo grunta na Slavyanskom PO "HIMPROM" // Kommunalnoe hozyaystvo gorodov. - K.: Tehnika, 1996. - S. 95-98.
2. Mishurova T.V. Zakreplenie peschanyih osnovaniy, zagryaznennyih fosfornokislyimi promstokami, v usloviyah deystvuyushchego proizvodstva: Diss... kand. teh. Nauk: 05.23.02- Dnepropetrovsk, 2001. – 171s.
3. Rzhantsyn B.A. Himicheskoe zakreplenie gruntov v stroitelstve. - M.: Sroizdat, 1986. - 263 s.
4. DBN A.2.1-1-2008 Inzhenernyie izyiskaniya dlya stroitelstva
5. DSTU B V.2.1-3-96 (GOST 30416-96). Grunti. Laboratorni viprobuvannya. Zagalni polozhennya.
6. A.V. Maltsev. Himicheskoe puchenie gruntov v osnovanii sooruzheniy // Diss.kand.teh.nauk 05.23.02 – Moskva, 1993, - 399 s.
7. G. Radhakrishnan, Dr M. Anjan Kumar. Dr GVR Prasada Raji. Swelling properties of expansive soils treated with chemicals and flash. American Journal of Engineering Research (AJER), volume 03, issue – 04, 2014, pp 245-250
8. O. R. Golli. Ispolzovanie zakonovernostey nabuhaniya glinistyih gruntov v stroitelstve, Rekonstruktsiya gorodov i geotekhnicheskoe stroitelstvo, – 2004, #8.
9. V. E. Sokolovich. Himicheskoe puchenie glinistyih i peschanyih gruntov. Osnovaniya, fundamenti i mehanika gruntov, – 1995, №4.
10. M.F. Bronaev, A.M. Lvenko. Issledovanie parametrov, vliyayuschih na nabuhayushchie svoystva gruntov // ZbІrnik naukovih prats. Resursoekonomni materІali, konstruktsІYi, budІvli ta sporudi. RІvne, 2015. - №30 – s 448-456.

11. G.M. Levenko. Vznachennya bufernih vlastivostey piluvato-glinistih ta pIschanih gruntiv // ZbIrnik naukovih prats UZhUZT. Harkiv, 2015. - №153 – s. 143-148.
12. M.F. Bronaev, A.M. Lvenko. Issledovaniya nabuhaniya peschanyih i goinistiyh gruntov ot rastvorov peruksusnoy kisloty // SvIt geotehnIki, - 2015, № 2(46).

Статья поступила в редакцию 14.07.2016 г.