

УДК 624.138.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА НАБУХАЮЩИЕ СВОЙСТВА ГРУНТОВ

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА НАБРЯКАЮЧІ ВЛАСТИВОСТІ ГРУНТІВ

RESEARCH of PARAMETERS, INFLUENCING ONTURGESCENT PROPERTIES of SOILS

Левенко А.М., ассистент (Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова, г.Харьков), **Бронжаев М.Ф., к.т.н., доц.** Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова, г.Харьков)

Левенко Г.М., асистент (Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м.Харків), **Бронжаев М.Ф., к.т.н., доц** (Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м.Харків)

Levenko A. M., assistant (Kharkov national university of municipal economy of A.N. Beketov, Kharkov), **Bronjaev M.F., Ph.D., Associate Professor** (Kharkov national university of municipal economy of A.N. Beketov, Kharkov).

Приведены результаты исследования параметров влияющих на набухающие свойства грунтов.

Приведені результати дослідження параметрів ґрунтів, що впливають на властивості, що набрякають.

Results over of research of parameters of influencing onturgescent properties soils are brought.

Ключевые слова:

Набухающие грунты, химическое набухание, перуксусная кислота.

Ґрунти, що набрякають, хімічне набрякання, перуксусна кислота.

Turgescent soils chemical swelling , peracetic acid.

Постановка проблемы и ее связь с важными практическими задачами. В настоящее время повсеместно распространена проблема загрязнения промышленными стоками грунтов непосредственно под

промышленными зданиями, что в свою очередь приводит к последующим недопустимым деформациям оснований, перемещениям фундаментов и разрушению строительных конструкций [1].

Анализ последних исследований и публикаций. Вследствие замачивания грунтов промышленными стоками в основания сооружений попадают химически активные растворы различных концентраций, под воздействием которых грунты заметно изменяют свои свойства. Так, в результате физико-химических процессов и обменных реакций в грунтах, происходит увеличение объема грунтов [2]. Это явление получило название "химическое набухание".

Существующие нормы [3,4] 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.

Набухание глинистых грунтов при взаимодействии с водными растворами веществ носит сложный физико-механический характер. Физическая природа и механизм процесса набухания глинистых грунтов получил определенное освещение в работах таких авторов: К. Терцаги [7], Н.М. Герсванова [8], В.П. Ананьева [9], Е.А. Сорочана [10] и др.

При анализе этих работ можно выделить две основные гипотезы, объясняющие явление набухания пылевато-глинистых грунтов:

- физико-механическую;
- физико-химическую.

К физико-механической теории принадлежит капиллярная теория Терцаги-Герсванова [8], основные положения которой сводились к следующему: проникновение жидкости между частицами грунта становится возможным после того, как исчезают вогнутые мениски на границе вода-воздух в капиллярах, т.е. после снятия капиллярного давления. Силы поверхностного натяжения действующие между капиллярами и водой, образуют вогнутые мениски воды, прижимающие частицы грунта друг к другу и искривляющие их вогнутость в сторону капилляров, а в самой жидкости развивается отрицательное капиллярное давление. Передвижение воды внутри капилляров происходит под этим давлением до тех пор, пока гидростатическое давление столба жидкости не уравнивает значение капиллярного давления. После этого происходит выпрямление изогнутых глинистых минеральных частиц и связанное с этим объемное увеличение грунта – набухание.

Вторая гипотеза о механизме процесса набухания исходит из физико-химического характера взаимодействия глинистых частиц с жидкостью. Согласно этой гипотезе, набухание грунта при увлажнении рассматривается как способность поверхности глинистых грунтов адсорбировать воду в связи

с осмотическими давлениями. Это давление обусловлено влиянием старения кристаллических решеток и стабилизации его, как правило, наступает по истечении достаточного времени после прекращения фильтрации.

С накоплением фактических данных, капиллярная теория подверглась критике, в первую очередь, со стороны исследователей Б.Ф. Рельтова [11], Н.Я. Денисова [12] и др. Б.Ф. Рельтов утверждает, что капиллярная теория не в состоянии объяснить механизм усадки грунтов. По его мнению, подтока воды к испаряющей поверхности и значительное сжатие (усадку) следует искать не капиллярном давлении, а в «подвижности грунтовой массы», обусловленной образованием на поверхности частиц диффузных гидратационных слоев, действующих подобно смазке. Решающую роль в процессе усадки Б.Ф. Рельтов отводит испарению.

Изменение объема грунта при взаимодействии с водой связано как со способностью воды адсорбироваться на поверхности частиц, так и вступать в химические реакции взаимодействия с некоторыми веществами, находящимися в грунте. Набухание при этом происходит лишь в переуплотненных грунтах при условии устранения влияния сцепления под воздействием давления, высушивания и других факторов, приводящих к появлению микротрещин в глинистом грунте.

Н.Я. Денисов [12] утверждает, что для любой глинистой породы характерно три состояния:

- неуплотненное;
- переуплотненное;
- состояние оптимальной плотности.

Состояние плотности пород зависит от состава и влажности их, а также от давления, которое испытывает порода. В зависимости от интенсивности давления, порода может находиться как в неуплотненном, так и в переуплотненном состоянии. То замачивание не вызовет набухания.

По мнению Н.Я. Денисова, большое влияние на величину набухания переуплотненных глинистых пород оказывает сцепление, формирующиеся на стадии диагенеза. Поэтому у образцов с нарушенной структурой, для которых характерно лишь первичное сцепление, величина набухания при прочих равных условиях значительно большая, чем у образцов с ненарушенной структурой; величина набухания грунта зависит от степени переуплотнения его за счет структурноадсорбционных деформаций. Основным его условием, при котором возможно набухание глинистых пород, является разрушение цементационных связей, обуславливающих вторичное сцепление упрочнения. Если такие условия не создаются, то не происходит образования микротрещин, способствующих набуханию.

До настоящего времени сделано несколько попыток классифицировать набухающие грунты по разным критериям.

Так, в американском нормативном документе [13] предложено оценивать степень набухания глинистых пород по количеству коллоидно-дисперсной фракции, числу пластичности и пределу усадки. Классификационные показатели приведены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание Коллоида < 0,001%	Число пластичности I_p	Предел усадки W_s , %	Возможные набухания, % (условия изменения влажности – сухой грунт – полное насыщение)	Степень набухания
> 28	> 35	< 11	> 30	Очень высокая
20 – 31	25 – 41	7 – 12	20 – 30	Высокая
13 -23	15 – 28	10 – 16	10 – 20	Средняя
< 15	< 18	> 15	< 10	низкая

Андерсон К.О. и Томсон К. [14] рекомендовали оценивать потенциальную способность грунтов к набуханию по следующей эмпирической формуле:

$$S = 0,231I_p - 3,12 \quad (1)$$

Где S – потенциальная способность к набуханию;

I_p – число пластичности.

На основании корреляционной зависимости между потенциальной способностью к набуханию и числом пластичности Андерсон предложил следующую оценку степени набухаемости (табл. 2).

Таблица 2

Степень набухания	Число пластичности I_p	Потенциальная способность к набуханию, S
Низкая	20	1,5
Средняя	20 – 31	1,5 – 4,0
Высокая	31 – 39	4,0 – 6,0
Очень высокая	39	6,0

М.П. Лысенко [15] предлагает судить о степени набухания по значению свободному набухания (набухания без нагрузки) и давлению набухания. Его классификация приведена в таблице 3.

Таблица 3

Грунты	Свободное набухание, %	Давление набухания, МПа
Не набухающие	< 4	< 0,025
Слабо набухающие	4 – 10	0,025 – 0,1
Средне набухающие	10 – 15	0,1 – 0,25
Сильно набухающие	> 15	> 0,25

Холт и Гиббс [16] предложили определить свободное набухание по формуле:

$$F_s = \left(\frac{h-10}{10} \right) \times 100, \quad (2)$$

где F_s - свободное набухание (Free swell), %;

h – конечная высота образца, см;

10 – начальная высота образца, см.

Предложенная ими оценка в настоящее время используется в лабораториях Великобритании и Африки. На основе этой работы набухающие грунта классифицируются:

- не набухающие, если $F_s < 50$ %;
- средне набухающие $F_s = 50 - 100$ %;
- сильно набухающие - $F_s > 100$ %.

Однако данная классификация не учитывает целый ряд факторов, влияющих на величину набухания и усадки: давление набухания, предел усадки и т.д. и таким образом является весьма приближенным.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается статья. Таким образом, в настоящее время необходимо более глубокое изучение факторов, влияющих на набухающие свойства грунтов оснований.

Согласно ДСТУ [4], набухающими называются грунты, которые при замачивании водой или другой жидкостью увеличиваются в объеме и имеют относительную деформацию набухания (в условиях свободного набухания) $\mathcal{E}_{sw0} \geq 0,04$, где \mathcal{E}_{sw} - это величина относительного свободного набухания. В Таблице 4 представлена классификация набухающих грунтов.

Таблица 4

Грунты	Свободное относительное набухание ε_{sw}	
	в одометрах	в приборах ПНГ
Ненабухающие	менее 0,04	менее 0,07
Слабонабухающие	0,04-0,08	0,07-0,13
Средненабухающие	0,08-0,12	0,13-0,20
Сильнонабухающие	более 0,12	более 0,20

Также за показатели, характеризующие набухания грунта принимаются:

- набухание под нагрузкой ε_{sw} ;

- давление набухания P_{sw} - давление в $кгс / см^2$, которое развивается при невозможности объемных деформаций в процессе набухания грунта;

- влажность набухания W_{sw} - влажность в процентах, соответствующая такому состоянию грунта при котором прекращается процесс поглощения жидкости.

- относительная усадка при высыхании ε_{sh} .

Нормативные значения относительного набухания \square_{sw} и относительной усадки \square_{sh} определяются по результатам лабораторных испытаний в соответствии с требованиями ДСТУ.

Однако при проектировании сооружений на набухающих грунтах необходимо учитывать тот факт, что при увеличении влажности грунта происходит разуплотнение грунтов [5]. В таблице 5 приводятся ориентировочные значения коэффициентов разуплотнения K_{pyn} в зависимости от набухания и приращения влажности $\Delta\omega$.

Таблица 5

Характеристика грунта	Свободное относительное набухание ε_{sw}	Приращения влажности $\Delta\omega$	Коэффициент разуплотнения K_{pyn}
Неразуплотняющиеся	$\leq 0,01$	$\leq 0,02$	$\leq 1,4$
Разуплотняющиеся	0,01...0,03	0,02...0,05	1,4...2,0
Сильно разуплотняющиеся	0,03...0,10	0,05...0,15	2,0...4,0
Очень сильно разуплотняющиеся	$>0,10$	$>0,15$	$>4,0$

Приращение влажности следует учитывать в интервале от начальной ω_0 до конечной ω_{eq} .

Цель исследования. В процессе исследования вопроса набухания грунтов авторами было выявлено, что в литературе не достаточно был отражен вопрос влияния количества и концентрации кислот и щелочей, попадающих в грунт основания, на его набухающие свойства. Поэтому возникла необходимость в проведении исследований, которые могли бы показать количественные и качественные изменения, возникающие в грунтах при свободном химическом набухании.

Основное изложение материала. Большое влияние на набухание грунтов имеет их минералогический состав и главным образом содержанием глинистых частиц. Авторами, был введен показатель L - содержание глинистых частиц в грунте, выраженное в % [6]. В таблице 6 представлена зависимость величины свободного химического набухания как от содержания глинистых частиц в грунте, так и от концентрации перексусной кислоты. Также было проведено сравнение величины свободного набухания при замачивании опытных образцов грунта водой.

Таблица 6

Показатель $L, \%$	Свободное относительное набухание ε_{sw0} при различных концентрациях перексусной кислоты					Свободное относительное набухание ε_{sw0} при замачивании водой
	0,6%	1,0%	1,5%	2,0%	3,0%	
< 3 %	0,066	0,158	0,176	0,280	0,309	-
3 – 10 %	0,200	0,250	0,256	0,323	0,419	0,007
10 – 30 %	0,253	0,394	0,559	0,563	0,570	0,044
> 30 %	0,058	0,115	0,142	0,161	0,171	0,090

Анализ выполненных исследований позволяет сделать выводы:

- при проектировании зданий и сооружений на набухающих грунтах необходимо учитывать не только такие параметры, как давление набухания,

влажность набухания, α и возможное приращение влажности, и коэффициент разуплотнения;

- при прогнозировании поведения грунтов при «химическом набухании» необходимо учитывать показатель L и концентрации химических веществ, воздействие которых способно вызывать деформации основания.

Это позволит предотвратить нежелательные деформации фундаментов здания и возникающих их проявления в надфундаментных конструкциях и избежать дополнительных затрат на реконструкцию.

1. Т.В. Мишурова Закрепление песчаных оснований, загрязненных фосфорнокислыми промстоками, в условиях действующего производства: Дисс... канд. тех. Наук: 05.23.02- Днепропетровск, 2001. – 171с. 2. Ржаницын Б.А. Химическое закрепление грунтов в строительстве. - М.: Стройиздат, 1986. - 263 с. 3. ДБН А.2.1-1-2008 Инженерные изыскания для строительства 4 .ДСТУ Б В.2.1-3-96 (ГОСТ 30416-96). Грунты. Лабораторні випробування. Загальні положення. 5. О. Р. Голли. Использование закономерностей набухания глинистых грунтов в строительстве, Реконструкция городов и геотехническое строительство, – 2004, №8. 6. М.Ф.Бронжаев, А.М. Левенко Исследование набухания песчаных и глинистых грунтов от воздействия растворов перуксусной кислоты. 7. К. Терцаги Строительная механика грунтов на основе его физических свойств – М; Л: Госстройиздат, 1933. – 389 с. 8. Н.М. Герсевич Основы динамики грунтовой массы. – М.: Госстройиздат, 1937. – 357 с. 9. Передельский Л.В., Ананьев В.П. Набухающие глинистые грунты Северного Кавказа. – Изд. Ростовского университета, 1978. – 142 с. 10. Сорочан Е.А. Строительство сооружений на набухающих грунтах. – М.: Стройиздат, 1989. – 312 с. 11. Рельтов Б.Ф. и др. дальнейшие эксперименты и исследования осмотических явлений в связных грунтах. Изд ВНИИ гидротехники – Л., 1955, т.53., с. 68-73 12. Денисов Н.Я изучение объемной усадки грунтов // Дорога и автомобиль, 1937. – 357 с. 13. Warkentin В.Р, Bozozuk М. Shrinkage and swelling properties of two Canadian clays. 5-th congr. Int. soil mech. and found/ Eng., Paris, vol. 14. Anderson К.О., Thompson S. “Modification of expansive soils of western Canada with lime”. Texas conference on expansive soils, 1969. 15. Лысенко М.П. Глинистые породы русской платформы. – М.: Недра, 1986. – 276 с. 16 .КН. Head. Manual of soils laboratory testing Vol 2. Permeability, shear strength and compressibility Tests, ELE international limited, 1982.