



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY



## ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ- 2017

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ,  
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ  
“ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ 2017”  
ПОСВЯЩЕННОЙ ГОДУ ЭКОЛОГИИ В РФ

КРАСНОЯРСК, СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

17-21 АПРЕЛЯ 2017 Г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»**

**Проспект Свободный - 2017**

Материалы научной конференции  
посвященной Году экологии в Российской Федерации  
**17-21 апреля 2017 г.**

*Электронное издание*

Красноярск  
СФУ  
2017 г.

**Экологические чистые технологии в дорожном  
строительстве в условиях крайнего севера  
и фундаментостроения**

## ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО ПУЧЕНИЯ МАКРОПОРИСТЫХ СУПЕСЕЙ

**Игнатикова Н.Н., Пахомов К.И.**

**Научный руководитель канд. техн. наук Преснов О.М.**

*Сибирский федеральный университет*

Как показывает практика, существенный процент химических и нефтеперерабатывающих промышленных предприятий, связанных с получением, применением и хранением кислот и щелочей, приходят в негодность в течение 10-15 лет. Одна из причин – деформации фундаментных и надфундаментных конструкций вследствие контактов основания с агрессивными растворами различных концентраций, под воздействием которых грунты изменяют свои свойства. Растворы могут быть как сильноразбавленные (стоки промышленных вод), так и концентрированные (утечки продуктов производств). При взаимодействии грунта с кислотами происходит увеличение его объема, это явление называется химическим пучением.

Целью нашей работы является изучения влияния кислот различных концентраций на строительные свойства макропористых грунтов г. Красноярск. Данное исследование позволит прогнозировать поведение оснований сооружений в аварийных ситуациях, а также давать рекомендации по учету химического пучения при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов, связанных с кислотной технологией.

Поведения глинистых грунтов нарушенной структуры под воздействием кислот и щелочей рассмотрено в трудах Е.А. Сорочана [1], А.В. Мальцева [2], В.Е. Соколовича [3]. Нами же в качестве объектов исследования были выбраны макропористые грунты (супесь) ненарушенной структуры и часто используемые в производстве агрессивные химические растворы: ортофосфорная, азотная, соляная и серная кислоты различных концентраций. Монолиты данного грунта были отобраны в северо-восточной части г. Красноярск.

Характеристики отобранного грунта: плотность  $\rho=1,94 \text{ т/м}^3$ , плотность сухого грунта  $\rho_d=1,81 \text{ т/м}^3$ , показатель пластичности  $J_p=0,06$ .

Исследование заключалось в определении величины свободного химического пучения. Испытания проводились в компрессионно-фильтрационных приборах (рабочее кольцо диаметром 56 мм, высотой 20 мм) на образцах ненарушенной структуры без приложения нагрузки. Насыщение грунта химическими растворами (концентрациями 5%, 10%, 15%) проходило по схеме восходящего потока (снизу вверх), градиент напора  $J=1$ .

Деформации образцов измерялись индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм. Опыт считался законченным, если показания индикатора в течение двух часов изменялись не более чем на 0,01 мм. В основу эксперимента положена стандартная методика лабораторного исследования набухающих грунтов.

В ходе испытаний для каждого образца была определена величина относительного химического пучения. По результатам исследований установлены зависимости относительного химического пучения от различных концентраций кислот (рис.1).

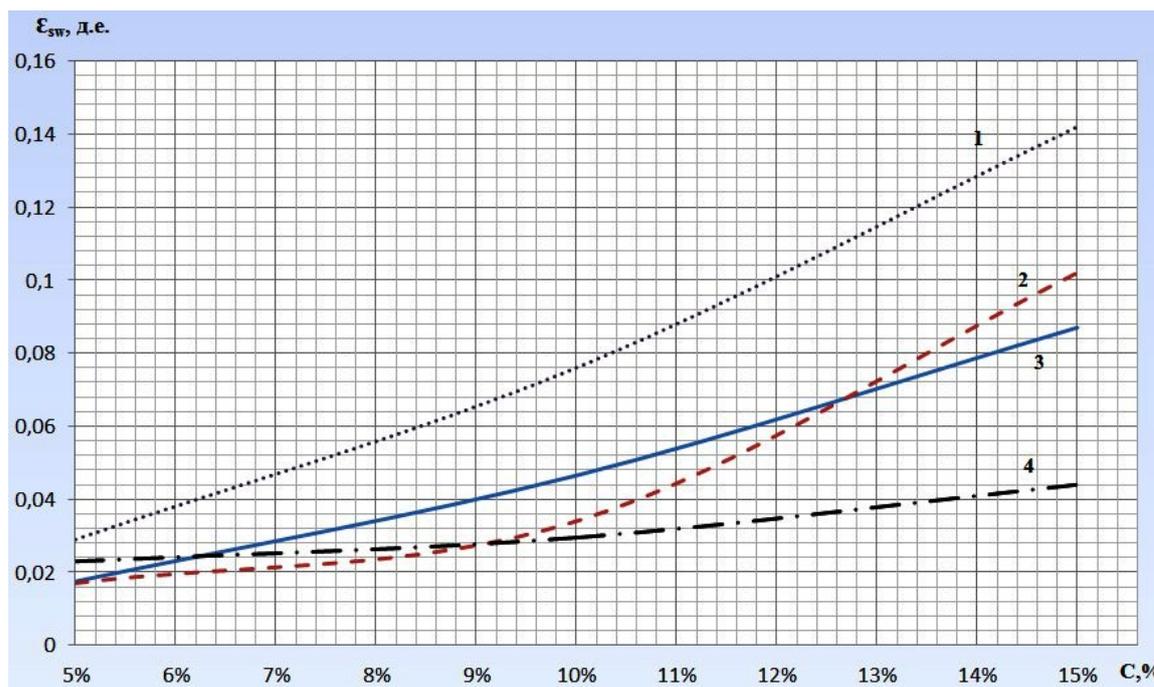


Рис. 1 – Зависимости относительного химического пучения от концентраций кислот:

1 - серная; 2 – азотная; 3 – ортофосфорная; 4 - соляная кислота

### Выводы:

1. При замачивании образцов в агрессивных средах в течение первых 30 минут происходил незначительный прирост деформаций. Максимальное увеличение объема грунта происходило в период времени 0,5 -1,5 часа от начала испытания, полная стабилизация наступала через 5 часов.

2. Оценка потенциальных возможностей исследуемых грунтов в условиях максимального контакта грунтовых частиц с агрессивной средой показала увеличение объемов образцов по сравнению с первоначальными объемами в воздушно-сухом состоянии при замачивании: в серной кислоте – в 1,029...1,142 раза, в ортофосфорной – в 1,0175...1,087 раза, в азотной – в 1,017...1,102 раза, в соляной – в 1,023...1,044 раза. С увеличением концентраций кислот деформации возрастают.

3. В дальнейших исследованиях необходимо учесть поведение грунта при замачивании растворами кислот под нагрузкой, а так же провести аналогичные испытания для суглинков и сравнить результаты.

#### **Список использованных источников**

1. Сорочан Е.А. *Строительство сооружений на набухающих грунтах*. Стройиздат, 1989. - 310 с.
2. Мальцев А.В. *Химическое пучение грунтов в основании сооружений*. М.: Госстрой России, 1993. – 27 с.
3. Соколов В.Е. *Химическое закрепление грунтов*. М.: Стройиздат, 1980. - 119 с
4. Исаев Б.Н., Цапкова Н.Н. *Защита грунтов основания фундаментов от аварийного замачивания кислотой*. М.: НИИОСП, 1995. – 4 с.
5. Голли О.Р. Использование закономерностей набухания глинистых грунтов в строительстве. *Реконструкция городов и геотехническое строительство*, 2004. - №8.

## **ДЕФОРМИРУЕМОСТЬ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ХИМИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ**

**Ефименко В.В., Путилова А.В.**

**Научный руководитель канд. техн. наук Преснов О.М.**

*Сибирский федеральный университет*

В настоящее время, при эксплуатации гражданских и промышленных зданий, можно столкнуться с проблемой увеличения объёмов грунтов оснований при замачивания водой, это явление в настоящее время хорошо изучено и получило название «набухание». Это свойство наиболее характерно для глинистых грунтов, содержащих монтмориллонит. С развитием химической и нефтеперерабатывающей промышленности было обнаружено, что при попадании в основания фундаментов стоков с отходами промышленной индустрии, происходят физико-химические реакции, которые изменяют свойства грунта и вызывают увеличение его объема значительно больше, чем при замачивании водой. Такое явление получило название «химическое пучение». Зачастую данное явление приводит к значительным деформациям оснований, что влияет на прочность и долговечность фундаментов и надфундаментных конструкций.

С целью изучения химического пучения были отобраны образцы супесей с числом пластичности  $I_p = 5\%$  и влажностью  $W = 12\%$  в окрестностях города Красноярск. Из-за невозможности отбора монолитов, были взяты образцы грунтов с нарушенной естественной структурой.

Для экспериментального исследования изготавливались образцы грунтов с заданными плотностями  $\rho = 1,6, 1,8, \text{ и } 2,0 \text{ т/м}^3$ . Формирование грунтов требуемой плотности производили в стальных кольцах с высотой 20 мм и диаметром 56 мм. Супесь послойно трамбовали до получения заданной плотности. Грунт находился в воздушно-сухом состоянии с влажностью 1-5%.

Образцы супесей замачивали растворами серной, азотной, соляной и фосфорной кислот с концентрациями 5%, 10% и 15% методом восходящего потока в компрессионно-фильтрационных приборах. Грунт замачивали в растворе 3-4 часа до остановки деформаций.

Для выявления эффекта воздействия растворов кислот производилось замачивание образцов дистиллированной водой. При плотностях образцов  $\rho = 1,6 \text{ и } 1,8 \text{ т/м}^3$  средние значения относительного набухания для них соответственно равнялись 0,025 и 0,036, что

характерно для ненабухающих грунтов. Однако при плотности  $\rho = 2,0 \text{ т/м}^3$  образцы супеси проявили слабо-набухающие свойства ( $\varepsilon_{sw} = 0,048$ ).

По результатам испытаний установлена зависимость продолжительность времени стабилизации химического пучения грунта от концентрации растворов. В образцах, замоченных 5%-ми кислотами, нарастание деформаций начинались с первой минуты, затем они замедлялись после 30 минут испытания. Для грунтов, испытываемых 15% растворами кислот деформации замедлялись после первого часа испытаний. Конечная стабилизация подъёма грунта наступила в течении 2-3 часов.

В ходе экспериментальных исследований в результате взаимодействия растворов с образцами грунтов наблюдалась химическая реакция с пузырением и шипением кислоты. Подобные явления отмечались в работах [1-3]. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Из этой таблицы видно, что наибольшие величины пучения возникли от действия растворов фосфорной и серной кислоты. Их деформации превышали значения при замачивании растворами азотной кислоты в 1,4 раза. По результатам испытаний выявлено, что относительные деформации возрастали с увеличением плотности образцов грунтов и концентрации растворов кислот.

Таблица 1– Значения относительных деформаций  $\varepsilon_{sw}$  при различных кислотах

Раствор кислоты, %	Серная кислота $H_2SO_4$	Фосфорная кислота $H_3PO_4$	Азотная кислота $HNO_3$	Соляная кислота $HCl$
$\rho = 1,6 \text{ т/м}^3$				
5	0,116	0,1165	0,074	0,112
	0,126	0,1055	0,069	0,0985
	0,1335	0,0915	0,039	0,1115
10	0,143	0,145	0,085	0,1065
	0,138	0,1235	0,086	0,101
	0,1545	0,108	0,072	0,113
15	0,154	0,092	0,0975	0,1105
	0,1505	0,131	0,0795	0,1185
	0,1485	0,1135	0,1005	0,1145
$\rho = 1,8 \text{ т/м}^3$				
5	0,146	0,1415	0,114	0,101
	0,1425	0,156	0,0925	0,111
	0,1515	0,136	0,088	0,108
10	0,1545	0,168	0,119	0,103
	0,167	0,1475	0,1145	0,117
	0,1715	0,159	0,117	0,1205
15	0,156	0,149	0,149	0,119
	0,1525	0,176	0,1335	0,1225
	0,163	0,174	0,1395	0,1285
$\rho = 2,0 \text{ т/м}^3$				
5	0,158	0,194	0,149	0,105
	0,146	0,174	0,128	0,1155

	0,1485	0,196	0,132	0,1185
10	0,1715	0,206	0,146	0,1205
	0,168	0,213	0,1435	0,1145
15	0,1675	0,206	0,156	0,1045
	0,175	0,195	0,151	0,1105
	0,182	0,229	0,147	0,1215

### **Выводы:**

1. По результатам работы было установлено, что химическое пучение грунта наблюдалось в течение первого часа, затем начинался процесс стабилизации. Грунт полностью стабилизировался по истечению 2-3 часов.

2. Выявлена связь между относительными деформациями  $\varepsilon_{sw}$  и плотностью грунта. С увеличением плотности грунтов возрастали значения пучения.

3. С увеличением концентрации растворов кислот возрастали деформации образцов грунта, они превышали значения  $\varepsilon_{sw}$  от воздействия замачивания водой в 3-5 раз.

4. Обнаружена зависимость продолжительность времени стабилизации грунта от концентрации раствора, при увеличении концентрации раствора прекращение деформаций потребует больше времени.

5. Наибольшие значения химического пучения грунтов наблюдалось под действием фосфорной и серной кислоты.

6. Необходимы дальнейшие исследования замачивания более концентрированными растворами кислот под действием нагрузок.

### **Список использованных источников**

1. Мальцев А.В. *Принципы физико-химического взаимодействия кислот и щелочей глинистыми грунтами*, НИИОСП имени Н. М. Герсевича, 1992- 116с.

2. Соколов В.Е. *Химическое закрепление грунтов*. – М.: Стройиздат, 1980.-119 с

3. Сорочан Е.А. *Строительство сооружений на набухающих грунтах*, Стройиздат,1989-310 с.

4. Бронжаев М.Ф., Левенко А.М., *Исследование параметров, влияющих на набухающие свойства грунтов* 2015-456 с.

5. Голли О.Р *Использование закономерностей набухания глинистых грунтов в строительстве*, ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 2004. - №8.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЩЕЛЕВЫХ ФУНДАМЕНТОВ

**Банникова А.С., Федосова О.Г.**

**Научный руководитель канд. техн. наук О.М. Преснов**

*Сибирский федеральный университет*

Строительство любого здания начинается в первую очередь с выбора типа и устройства фундамента, ведь от того насколько он будет прочным зависит и надежность всего объекта. Этот выбор зависит от многих факторов: вида грунтов и их свойств, типа и назначения здания, его этажности, и финансирования проекта. Экономить на устройстве фундамента очень рискованно, но все же есть технологии, которые помогут сократить и финансы, и время на возведение конструкции. Такой технологией является щелевой фундамент.

Щелевым является монолитный ленточный железобетонный фундамент (табл. 1), имеющий прямоугольное сечение, который получил свое название из-за способа укладки бетона непосредственно в выкопанную траншею - "в распор" грунта (рис.1). Применяются в основном для малоэтажного строительства.

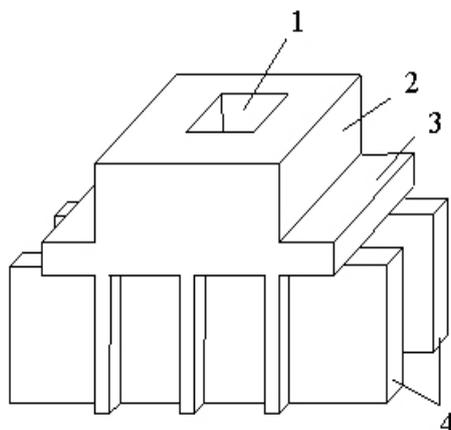


Рис.1 - Щелевой фундамент:

1 – стакан; 2 – подколонник; 3 – плитная часть; 4 – вертикальные стенки

Проектирование щелевых фундаментов следует производить после их сравнения с альтернативными вариантами на основе инженерно-геологических изысканий и экономических показателей.

В связи с тем, что в настоящее время проектирование таких фундаментов осуществляется по индивидуальным проектам, инженерно-геологические изыскания должны обеспечивать определение таких характеристик грунта, как:

- степень однородности;
- несущий слой;
- физико-механические свойства;
- разделение литологических слоев по глубине заложения;
- разделение каждого слоя по плотности (показателям текучести).

Устраиваются они в глинистых грунтах из-за удобства устройства в них подходящих траншей, которые к тому же будут держать форму и не осыпаться (табл. 2).

В зависимости от глубины заложения щелевые фундаменты подразделяются на глубоко заглубленные (заложение ниже глубины промерзания почвы) и мелко заглубленные.

Таблица 1 – Характеристики щелевого фундамента

Материалы	Бетон монолитный – тяжелый бетон, класс прочности на сжатие В12,5 – В15. Сборный – тяжелый бетон, класс прочности на сжатие не менее В20. В качестве рабочей арматуры должна применяться стержневая арматура периодического профиля. Применение гладкой арматуры для этой цели не допускается.
Глубина заложения	От 5 до 25 м. Заглубление в слой грунта, на который опирается его подошва, должно быть не менее 0,5 м.
Толщина	Назначают по расчету его прочности и несущей способности в зависимости от глубины заложения: до 6 м - не менее 400 мм; от 6 до 15 м – 500 мм; более 15 м – 600 мм.

При расчете щелевых фундаментов необходимо учитывать нагрузки и воздействия, возникающие при эксплуатации; для сборных элементов - также нагрузки, возникающие при их изготовлении, транспортировке и монтаже. Щелевые фундаменты рассчитывают согласно требованиям СП 22.13330.2011 по прочности, перемещениям и образованию или раскрытию трещин, а их основания - по несущей способности, устойчивости и осадкам. Расчет щелевых фундаментов по перемещениям и оснований по осадкам от действия вертикальных нагрузок не производится при опирании щелевых фундаментов на практически несжимаемое основание (скальные, крупнообломочные с песчаным заполнителем и глинистые грунты твердой консистенции).

Проведя сравнительный анализ устройства щелевого фундамента с свайным и столбчатым, следует отметить такие его достоинства как:

- сохранение природной структуры грунта;

- возможность устройства траншеи в стесненных условиях (вблизи существующих зданий и коммуникаций);
- уменьшение объема земляных работ приблизительно в 2 раза;
- полное или частичное отсутствие опалубочных работ;
- отсутствие необходимости устройства ростверка;
- не требуется производить срубку голов свай и как следствие снижаются затраты по устройству фундамента и расход материала;
- уменьшение сроков возведения фундамента.

К недостаткам фундаментов щелевого типа можно отнести:

- большой расход бетона;
- устройство возможно только на глинистых и непучинистых грунтах, т.к. морозные пучения способны привести к разрушению здания за счет бокового сцепления фундамента с грунтом;
- возможность возведения лишь немассивных построек;
- отсутствие нормативной документации по проектированию данного вида основания.

На основании изложенного выше анализа щелевого фундамента мы делаем вывод о его несомненном преимуществе перед другими видами оснований в пределах области его применения (табл. 2).

Таблица 2 – Области применения щелевых фундаментов

Грунтовые условия	Необводненные непучинистые пылевато-глинистые грунты с показателями текучести от твердого до тугопластичного. Опираение подошвы фундамента наиболее эффективно на скальные и плотные малосжимаемые грунты, и не допускается на грунты, находящиеся в текуче-пластичном и текучем состояниях.
Габариты здания, опирающегося на фундамент	Одноэтажные промышленные здания бескранового типа или с кранами малой грузоподъемности; жилые дома малой этажности; гаражи; постройки хозяйственного назначения

На сегодняшний день исследованию и разработке методик расчета щелевых фундаментов не уделяется достаточного внимания даже ввиду описанных выше преимуществ. Мы считаем, что в будущем это может стать перспективным направлением в области малоэтажного строительства и фундаментостроения в целом.

### Список использованных источников

1. Гапиенко Ю.С. ЩЕЛЕВЫЕ ФУНДАМЕНТЫ / Ю.С. Гапиенко, Н.И. Гулевич// - 2007. – № 1. – С. 31–34.
2. Рекомендации по проектированию и строительству щелевых фундаментов. Орден Трудового Красного Знамени научно-исследовательским институтом оснований и подземных сооружений имени Н.М.Герсеванова Госстроя СССР.
3. Сорочан, Е.А. Фундаменты промышленных зданий учебник / Е. А. Сорочан. – Москва : ГСИ, 1986. – 303 с.
4. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*2 – Введ. 20.05.2011. – Москва : ОАО ЦПП, 2011. – 221 с.