

*С.В. Калошина, к.т.н., доцент
Н.И. Салимгариева, магистрант
Пермский национальный исследовательский университет*

ПОСЛЕДСТВИЯ ПОДТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

В работе рассмотрено влияние процесса подтопления на физико-механические свойства грунта, приведены результаты лабораторных исследований образцов песчаного грунта.

Ключевые слова: *грунтовые воды, подтопление, техногенные факторы, физико-механические свойства.*

*С.В. Калошина, к.т.н., доцент
Н.И. Салимгариева, магистрант
Пермський національний дослідницький університет*

НАСЛІДКИ ПІДТОПЛЕННЯ ТЕРИТОРІЇ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ

У роботі розглянуто вплив процесу підтоплення на фізико-механічні властивості ґрунту, наведено результати лабораторних досліджень зразків піщаного ґрунту.

Ключові слова: *ґрунтові води, підтоплення, техногенні фактори, фізико-механічні властивості.*

*S.V. Kaloshyna, Reader, Dr-Ing.
N.I. Salimgarieva, magistrant
The Perm National Research University*

FLOODING CONSEQUENCES OF CITY TERRITORY

In work are shown the influence of process of flooding on soil physical and mechanical characteristics, presented the results of laboratory researches sandy soil's samples.

Keywords: *ground water, flooding, techno genetic factors, physical and mechanical characteristics.*

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими заданиями. В современных городах растет плотность и этажность застройки, что влечет за собой множество негативных последствий. Так, например, большая часть территории городов подвергается интенсивному воздействию опасных геологических процессов. Одним из наиболее негативных для функционирования городских систем является процесс изменения уровня грунтовых вод.

Активизации опасных геологических процессов способствуют такие техногенные факторы, как новое строительство, прокладка инженерных коммуникаций и многие другие. Причины явления изменения уровня грунтовых вод можно разделить в зависимости от стадии проектирования, во время которой они возникают. Так, при возведении нового здания может произойти подтопление, уровень грунтовых вод при этом повысится; если производится некорректное применение технологии водопонижения, то могут появиться проблемы с колебаниями уровня грунтовых вод. На стадии эксплуатации опасность для зданий и сооружений может нести подтопление, водопонижение под вновь возводимым соседним зданием, а также агрессивное воздействие грунтовых вод на конструкции и строительные материалы подземной части. Данная классификация приведена на схеме (рис. 1).

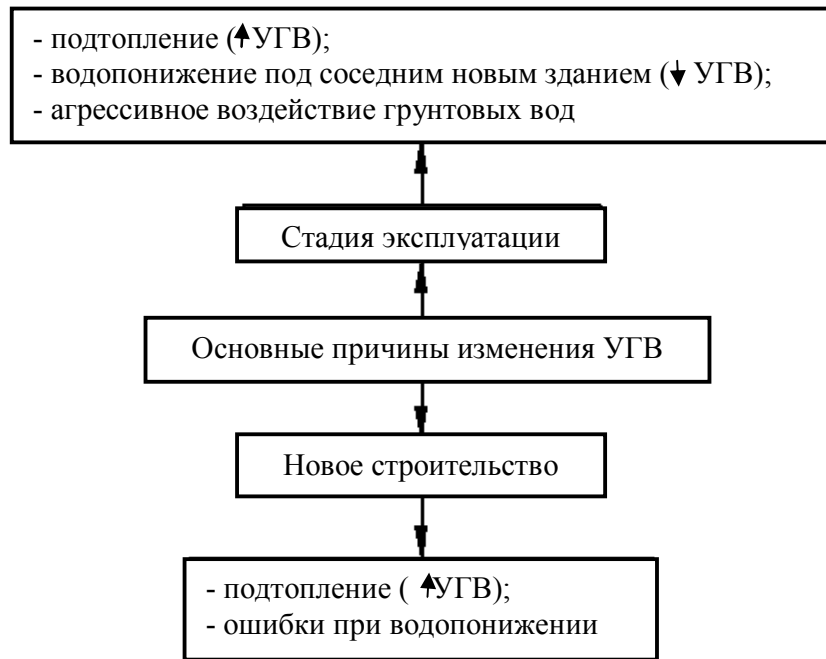


Рисунок 1 – Основные причины изменения уровня грунтовых вод

Если говорить в целом, подтопление – это повышение уровня подземных вод и увлажнение грунтов зоны аэрации. Причины этого процесса можно разделить на естественные и искусственные.

Естественные причины подтопления [1]:

1) *пассивные*: климатические, геологические, гидрогеологические условия, подпор и изменения поверхностного стока;

2) *активные*: режим подземных вод, атмосферные осадки.

Искусственные причины подтопления [1]:

1) *систематические*: утечки из водонесущих коммуникаций, инфильтрация из искусственных водоемов, барражный эффект;

2) *периодические*: талые воды, сезонные;

3) *эпизодические*: аварии.

Таким образом, подтопление может возникнуть в любом районе города, например, как причина аварии. Другими словами, эта проблема является опасной для всей территории городской застройки.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых начато решение проблемы. Вопросами развития опасных геологических процессов занимались многие ученые. Основоположниками развития инженерной геологии для решения строительных задач являются В.П. Ананьев, Л.В. Передельский и В.И. Коробкин. Специальная инженерная геология получила развитие в трудах Л.В. Коломенского. Исследование строительных свойств грунтов получила развитие в работах В.Ф. Бабкова, П.Л. Иванова, Г.И. Швецова. Исследования и разработки полевых методов определения строительных свойств грунтов с обобщением работ в этой области за рубежом выполнены Ю.Г. Трофименковым и Л.Н. Воробковым. Зарубежный опыт в области механики грунтов и грунтоведения освещен также в работах Б.К. Хоу (США) и А. Кезди (Венгрия). В данных работах нашли отражение вопросы изменения свойств грунтов при их взаимодействии с грунтовой водой, что характерно для процессов подтопления. Г.М. Скибин в своей работе [2] рассматривал моделирование состояния городской застройки в целях обеспечения эксплуатационной надежности оснований и фундаментов, зданий и сооружений при подтоплении.

А.И. Полищук и А.В. Нертик [1] изучали вопрос влияния техногенного замачивания на основания и фундаменты зданий в условиях городской застройки.

Выделение не решенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается статья. Поскольку различные грунты по-разному ведут себя при увлажнении, проблему подтопления необходимо рассматривать применительно к конкретным инженерно-геологическим условиям. Значительная часть территории города Перми (Кировский, Ленинский, Дзержинский административные районы) представлена основаниями, сложенными песчаными грунтами мощностью от двух до семнадцати метров, ниже которых залегают гравийный грунт с песчаным заполнителем. Глубина залегания грунтовых вод составляет от двух до десяти метров.

Цель работы – анализ изменения физико-механических свойств песчаного грунта при увлажнении.

Изложение основного материала исследования. Для выполнения цели работы были проведены лабораторные исследования. Для испытаний использовались образцы песка средней крупности с физическими характеристиками, приведенными в таблице 1. Испытания проводились для песка в воздушно-сухом и полностью водонасыщенном состоянии.

Таблица 1 – Физические характеристики песчаного грунта

Характеристика	Ед. изм.	Сухой грунт	Водонасыщенный грунт
Плотность	г/см ³	1,62	2,05
Плотность частиц грунта	г/см ³	2,64	2,64
Влажность	%	0,02	23

В ходе работы для определения физико-механических характеристик песчаного грунта были проведены компрессионные испытания и испытания на сдвиг. Испытания проводились на современном оборудовании, основным преимуществом которого является использование измерительно-вычислительного комплекса АСИС – автоматизированной системы для определения прочностных и деформационных свойств грунта.

Водонасыщение образцов песчаного грунта производилось в специальной камере путем попеременного нагнетания давления в 60 – 80 кПа и снятия давления. Образцы грунта в стандартных металлических кольцах помещались на стойку, закреплялись с помощью винтов и опускались затем в камеру, наполненную водой. Водонасыщение длилось 1 час, смена режима происходила через каждые 15 минут [4].

Для компрессионных испытаний были назначены следующие ступени нагружения: 25, 50, 100, 200 кПа. Заданное время стабилизации деформации составило четыре часа. Деформации образца регистрировались через промежутки времени, до момента достижения условной стабилизации деформации [4].

При испытаниях на срез сопротивление грунта определялось как предельное среднее касательное напряжение, при котором образец грунта срезался по фиксированной плоскости при заданном нормальном напряжении. Для одного определения значений угла внутреннего трения, сцепления и угла дилатансии проводилось три испытания при различных значениях нормального напряжения. Испытываемый грунт – песчаный, поэтому опыты проводились по консолидировано-дренированной схеме [4].

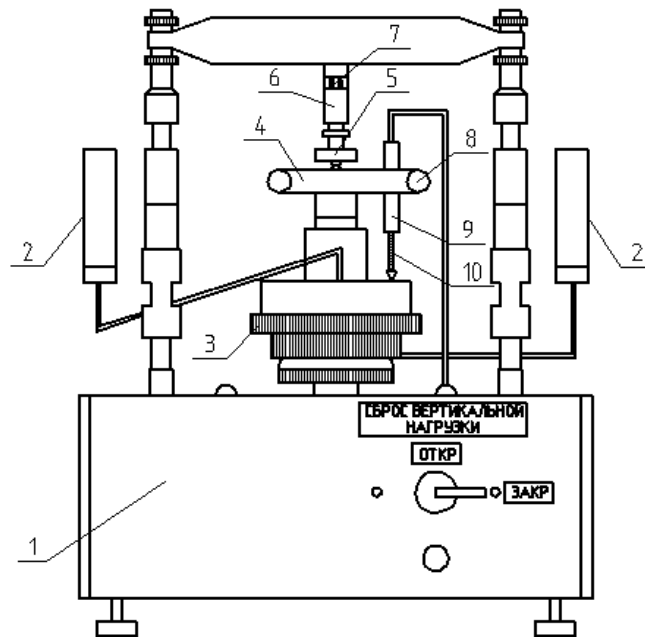


Рисунок 2 – Схема компрессионного прибора: 1 – УОНС (устройство одноосного нагружения статическое); 2 – колба; 3 – одомер фильтрационный ГТ 2.1.2.; 4 – держатель; 5 – винт; 6 – датчик силы SBA-1; 7 – винт фиксации датчика силы; 8 – винт фиксации датчика нелинейных перемещений; 9 – датчик нелинейных перемещений ДЛП-10М; 10 – шток датчика линейных перемещений

Передача нормальной нагрузки происходила в одну ступень. Выдерживалась для предварительного уплотнения в течение пяти минут. Значения нормальной нагрузки были приняты 100, 150 и 200 кПа.

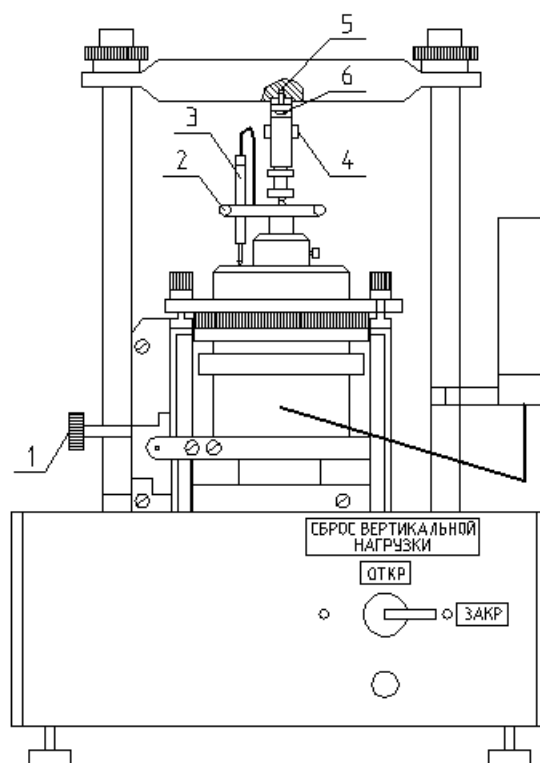


Рисунок 3 – Схема прибора одноплоскостного среза(вид спереди): 1, 2, 5 – винт; 3 – датчик линейных перемещений ДЛП-10М; 4 – датчик силы SBA-500L; 6 – гайка

В ходе испытаний проводилась статистическая обработка результатов по ГОСТ20522-96[5], все полученные характеристики были сведены в таблицах 2...3. Из результатов испытаний видно, что основные характеристики грунта при водонасыщении ухудшаются, что выражено в процентах в таблице 4.

Уменьшение модуля деформации, т.е. повышение сжимаемости полностью водонасыщенного песка объясняется тем, что его «скелет» оказывается взвешенным в воде. Плотность сложения и влажность сыпучих грунтов имеет первостепенное значение для оценки их строительных свойств. О плотности сложения можно судить по коэффициенту пористости грунта. Для образцов грунта, находящихся в воздушно-сухом состоянии при давлениях от 100 до 200 кПа, коэффициент пористости изменялся от 0,6 до 0,55. В ходе компрессионных испытаний полностью водонасыщенного песка в том же диапазоне давлений коэффициент пористости изменился от 0,74 до 0,6.

Таблица 2 – Результаты статистической обработки данных испытаний (нормативные характеристики)

№ п/п	Наименование характеристики	Обозначение	Ед. изм.	Сухой грунт	Водонасыщенный грунт
1	Одометрический модуль упругости	E_{oed}	МПа	17.97	13.43
2	Сцепление	C	кН/м ²	0.03	0
3	Угол внутреннего трения	f	град.	41	39.89
4	Угол дилатансии	$у$	град.	17.61	-20.37

Таблица 3 – Результаты статистической обработки данных испытаний (расчетные характеристики)

№ п/п	Наименование характеристики	Обозначение	Ед. изм.	Сухой грунт	Водонасыщенный грунт
1	Одометрический модуль упругости	E_{oed}	МПа	17.06	10.64
2	Сцепление	C	кН/м ²	0.01	0
3	Угол внутреннего трения	f	град.	34.95	33.25
4	Угол дилатансии	$у$	град.	14.89	-19.14

Таблица 4 – Анализ изменения характеристик грунта при водонасыщении

Наименование характеристики	Характер изменения	Нормативное значение	Расчетное значение
E_{oed}	снижение	25%	38%
C	снижение	100%	100%
f	снижение	3%	5%

Таким образом, чем больше изменение коэффициента пористости, а для полностью водонасыщенного образца и влажности в заданном диапазоне изменения давления, тем большей сжимаемостью обладает грунт.

Угол внутреннего трения грунта при водонасыщении, согласно многим практическим наблюдениям, практически не отличается от угла внутреннего трения сухого грунта [3]. По полученным данным он уменьшился на 3 (5) %.

Сцепление, имеющееся в песчаных грунтах, очень слабое, при свободной засыпке эти грунты легко рассыпаются. При полном водонасыщении грунта он переходит в состояние грунтовой массы, в котором механическое зацепление отсутствует. Этим объясняется полученное значение сцепления для водонасыщенного грунта, равное нулю.

При определенной величине касательного напряжения в приборе прямого среза образец песка начинает расширяться при увеличении объема. Плотный песок при сдвиге расширяется, а рыхлый сжимается. Для образцов сухого грунта происходило увеличение объема образцов при сдвиге, то есть данные образцы показали положительную дилатансию, что характеризуется положительным углом дилатансии. Образцы водонасыщенного грунта сжимались при испытании, что показывает отрицательный угол дилатансии [3].

Однозначно то, что последствия подтопления взаимосвязаны. Сначала возникает само явление подтопления по мере повышения уровня грунтовых вод, это вызывает в дальнейшем капиллярное увлажнение и водонасыщение грунтов основания и строительных материалов подземной части зданий. Впоследствии происходит изменение физико-механических характеристик и напряженно-деформированного состояния грунтов, а также нарушение эксплуатационной пригодности зданий и сооружений. Все эти факторы при длительном воздействии могут привести к дополнительным деформациям зданий и сооружений [2]. Связь между последствиями подтопления иллюстрирована в схеме (рис. 4).

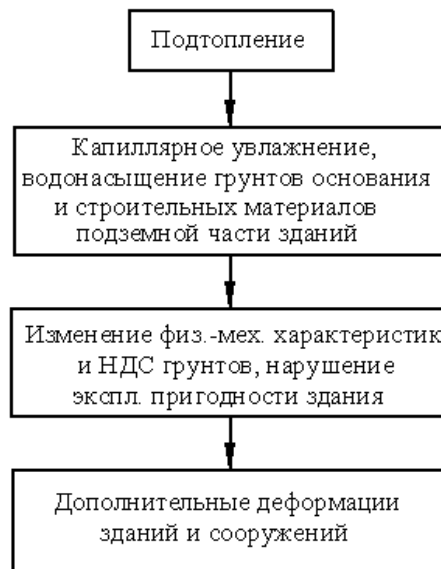


Рисунок 4 – Последствия подтопления

Таким образом, можно сделать **вывод** о том, что в современных городах растет проблема техногенного воздействия на грунт, в том числе проблема подтопления. Научная новизна работы заключается в исследовании проблемы для конкретных грунтовых условий г. Перми, что может быть использовано впоследствии для проектирования зданий и сооружений на территории данного города. Все результаты испытаний могут быть использованы для моделирования грунтовых условий в программном комплексе Plaxis.

Целью дальнейших исследований будет являться определение степени влияния подтопления на осадки оснований зданий и сооружений путем геотехнического моделирования в программном комплексе Plaxis изменения напряженно-деформированного состояния системы «грунт – фундаменты – здание» в процессе повышения грунтовых вод в результате подтопления.

Литература

1. Полищук, А.И. О влиянии техногенного замачивания на основания и фундаменты зданий в условиях городской застройки / А.И. Полищук, А.В. Нерттик // *Архитектура и строительство: тезисы докладов междунар. науч.-техн. конф.* – Томск, 2002. – С. 12–15.

2. Скибин, Г.М. *Моделирование состояния городской застройки в целях обеспечения эксплуатационной надежности оснований и фундаментов, зданий и сооружений при подтоплении: автореф. дис. на соискание науч. степени докт. техн. наук: 05.23.02 / Г.М. Скибин. – Волгоград: ВолГАСУ, 2005. – 25 с.*

3. Болдырев Г.Г. *Методы определения механических свойств грунтов. Состояние вопроса: монография / Г.Г. Болдырев – Пенза: ПГУАС, 2008. – 230 с.*

4. ГОСТ 12248-96. *Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости / Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве. – М.: МНТКС, 1996. – 30 с.*

5. ГОСТ 20522-96. *Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний / Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве. – М.: МНТКС, 1996. – 30 с.*

*Надійшла до редакції 27.09.2012
© С.В. Калошина, Н.И. Салимгариева*