

Механизмы реализации национальной стратегии управления водными ресурсами:

- совершенствование экономических методов и механизмов рационального водопользования;
- развитие научных основ мониторинга поверхностных и подземных вод;
- научное обеспечение условий внедрения наилучших доступных технических методов;
- поддержку социальных проектов (проведение общественных работ), ориентированных в первую очередь на восстановление малых рек и обустройство родников;
- научное обеспечение условий внедрения наилучших доступных технических методов;
- развитие существующих и создание новых механизмов управления водными ресурсами.

Предпринятые действия на местном (локальном уровне):

- 1 просветительская работа в молодёжных коллективах (СУЗЫ, ВУЗЫ, школы) по проблемам рационального использования и охраны водных ресурсов;
- 2 организация экологических акций;
- 3 целенаправленная работа с молодёжью через социальные сети;
- 4 организация научных исследований (и мастер классов) качества воды централизованных и нецентрализованных источников водоснабжения;
- 5 выявление источников загрязнения подземных вод, минимизация их воздействия;
- 6 мониторинг экологического состояния водных объектов, качества источников питьевого водоснабжения.

Список литературы

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник. – Минск, 2021. – 203 с.
2. Общая характеристика водных ресурсов республики Беларусь [Электронный ресурс] / Электронно-графические данные. – Режим доступа: https://studbooks.net/1223825/ekologiya/obschaya_harakteristika_vodnyh_resurov_respubliki_bielarus. – Дата доступа: 17.04.2023.
3. О Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года [Электронный ресурс] / Электронно-графические данные. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22200091>. – Дата доступа: 17.04.2023.

УДК 624.131.7

Н. Н. КИРИЛЕНКО

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ГРУНТОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОАО «ГОМЕЛЬСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД»

*УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»,
г. Гомель, Республика Беларусь,
kolya.kirilenki@mail.ru*

Статья посвящена исследованию деформационных и прочностных свойств грунтов в зоне влияния ОАО «Гомельский химический завод». Были рассмотрены вопросы методик проведения лабораторных опытов по определению этих свойств на примере фосфогипса, а также обработки полученных результатов.

Рассмотрим деформационные и прочностные свойства на примере 2 экспериментальных опытов: компрессионная сжимаемость и одноплоскостной срез.

В качестве испытуемого образца используем фосфогипс, отобранный из терриконов «Гомельского химического завода».

Сжимаемостью грунтов называют способность их уменьшаться в объеме (давать осадку) под действием внешнего давления.

Деформационные свойства грунтов необходимы для прогноза изменения его объема (уплотнение, разуплотнение). В пределах обратимых, небольших по величине деформаций, протекающих со скоростью звука, связь между напряжениями и деформациями характеризуется линейным законом упругости (Гука), который для случая одноосного сжатия выражается формулой:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon ,$$

Зависимость между давлением на дисперсный грунт и его сжатием находят путем испытания образца, помещенного в жесткое кольцо, не позволяющее грунту расширяться в поперечном направлении. Такой вид испытания грунта называется *компрессией*. В связи с тем, что при компрессионном сжатии диаметр образца грунта не меняется, относительная объемная и вертикальная деформации равны, т. е. $\varepsilon_v = \varepsilon_z$:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta h}{h} ,$$

Необходимое оборудование:

Компрессионный прибор К-1М; весы технические; штангенциркуль с точностью 0,1 мм; сушильный шкаф; стаканчики металлические (2 шт.); шпатель; индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм (2 шт); бумага фильтровальная.

Проведение испытаний:

1) Разобрать прибор К-1М: отвинтить гайки и снять верхнее коромысло; снять консоли, отвинтить арретир, вытащить штамп, отпустить три зажимных винта на дне одометра и снять корпус одометра; из корпуса вытащить кольцо и снять с него резиновую прокладку и режущую насадку.

2) Штангенциркулем измерить высоту h_0 и внутренний диаметр d_0 кольца. Взвесить кольцо. Массу кольца m_0 и размеры его записать в журнал.

3) Если испытывается грунт ненарушенной структуры, то на кольцо устанавливается режущая насадка. Затем кольцо острым режущим краем устанавливается в вертикальном положении на гладко зачищенную поверхность монолита. Одновременно, понемногу нажимая на верхний край кольца, насадить его на столбик грунта, не допуская перекоса. После того как грунт займет всю плоскость кольца, отделить его от монолита. Снять с кольца режущую насадку и избыток грунта в кольце срезать вровень с краями кольца.

4) Если испытывается грунт нарушенной структуры, то необходимое количество грунта тщательно перемешать до образования однородной массы и заполнить им кольцо, добиваясь одинаковой плотности грунта во всех частях кольца, для чего кольцо следует заполнять послойно. Кольцо с грунтом взвесить, массу m_1 записать в журнал.

5) Установить на кольцо режущую насадку. Покрыть обе поверхности грунта влажной фильтровальной бумагой. Установить кольцо с грунтом на дно одометра и собрать прибор.

6) Закрепить в опорных бобышках два индикатора так, чтобы ножки индикаторов упирались в консоли и были выдвинуты на 70 % свободного хода (примерно на 7 мм). Записать показания индикаторов при отсутствии груза на подвеске в таблицу.

7) Испытания проводим экспресс-методом. Это значит, что отсчеты по индикаторам снимаются через две минуты после приложения очередной степени нагрузки.

8) На подвеску рычага пресса устанавливаются следующие грузы:

а) для слабых грунтов – 0,1; 0,2; 0,3; 0,6; 1,2; 1,8; 3,0; 4,5; 6,0 кг;

б) для прочных грунтов – 0,6; 1,2, 1,8, 3,0, 4,5, 6,0, 12,0 кг.

9) Этими же ступенями снимают грузы до нуля и также записывают показания индикаторов (цикл разгрузки).

После окончания опыта прибор разбирают, грунт выбрасывают, а прибор тщательно вытирают и собирают снова [1].

Полученные результаты к таблице 1.

Высота кольца $h_0 = 30$ мм

Диаметр кольца $d_0 = 87,2$ мм

Масса кольца $m_0 = 229,24$ г

Масса кольца с влажным грунтом $m_1 = 534,9$ г

Плотность влажного грунта $\rho = 1,706$ г/см³

Плотность сухого грунта $\rho_d = 1,00488$ г/см³

Коэффициент пористости до опыта $e_0 = 0,4927$

Влажность до опыта $W_0 = 69,77$ %

Степень влажности до опыта $s_r = 0,84$

Таблица 1 – Журнал компрессионных испытаний фосфогипса

Масса груза на подвеске Q , кг	Давление $P = \frac{Q}{60}$, МПа	Отсчеты по индикаторам, мм			Абсолютная деформация прибора (по тарировочной кривой Δ , мм)	Относительная деформация грунта $\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0}$,
		левый n_1 , мм	правый n_2 , мм	среднее $n_{cp} = \frac{n_1 + n_2}{2}$		
0	0	2,38	1,69	2,035	0,00	
0,1	0,016	2,37	1,68	2,025	0,05	0,0001
0,2	0,003	2,36	1,63	1,995	0,08	0,000166
0,3	0,005	2,35	1,60	1,975	0,12	0,000333
0,6	0,01	2,23	1,52	1,875	0,14	0,000666
1,2	0,02	2,10	1,39	1,745	0,16	0,00433
1,8	0,03	2,01	1,31	1,66	0,17	0,006833
3	0,05	1,90	1,14	1,52	0,17	0,0115
4,5	0,075	1,85	0,95	1,4	0,18	0,01516
6	0,1	1,80	0,79	1,295	0,19	0,01833

Таблица 2 – Результаты определения компрессии фосфогипса

Давление P_i , МПа	Приведенная деформация ε_i	Коэффициент пористости e_i	Коэффициент сжимаемости m_0 , МПа ⁻¹	Одометрический модуль деформации E_{oed} , МПа ⁻¹	Модуль деформации E_k , МПа ⁻¹
1	2	3	4	5	6
0	0	0,4927			
0,016	0,0001	0,492550	0,07	21,21	17,059
0,003	0,000166	0,492452	0,125	11,976	9,55328
0,005	0,000333	0,492202	0,0994	15,015	12,0136
0,01	0,000666	0,491705	0,5469	2,729	2,1835
0,02	0,00433	0,486236	0,3736	4	3,19635
0,03	0,006833	0,482500	0,34835	4,2854	3,4280

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6
0,05	0,0115	0,475533	0,21852	6,8306	5,4647
0,075	0,01516	0,470070	0,18904	6,9306	6,3183
0,1	0,01833	0,465344	0,18904	6,9306	6,3183

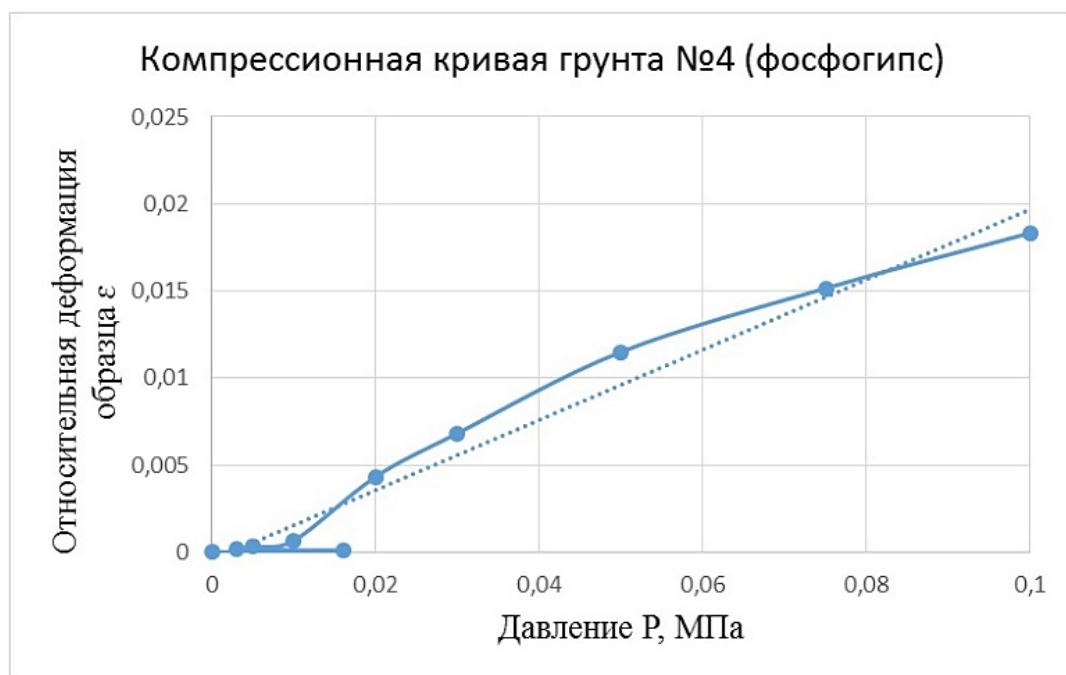


Рисунок 1 – Компрессионная кривая фосфогипса

Испытания грунтов методом *одноплоскостного среза* производят для определения следующих характеристик: прочности сопротивления грунта срезу τ , угла внутреннего трения φ , удельного сопротивления c . Эти характеристики можно определять для песков (кроме гравелистых и крупных), глинистых и органно-минеральных грунтов.

Эти характеристики определяют по результатам испытаний образцов грунта в одноплоскостных срезных приборах с фиксированной плоскостью среза путем сдвига одной части образца относительно другой его части касательной нагрузкой при одновременном нагружении образца нагрузкой, нормальной к плоскости среза.

Сопротивление грунта срезу – предельное среднее касательное напряжение, при котором образец грунта срезается по фиксированной плоскости при заданном нормальном напряжении. Для определения c и φ необходимо провести не менее трех испытаний при различных значениях нормального напряжения.

Испытания проводят по следующим схемам:

а) консолидированно-дренированные испытания – для песков и глинистых грунтов независимо от их степени влажности в стабилизированном состоянии;

б) неконсолидированное испытание – для водонасыщенных глинистых и органно-минеральных грунтов, имеющих показатель текучести $I_L \geq 0,5$ и просадочных грунтов, приведенных в водонасыщенное состояние замачиванием без приложения нагрузки; для определения φ и c в нестабилизированном состоянии [2].

Необходимое оборудование:

Прибор ГПП–30М; индикатор часового типа; нож с ровным краем; шпатель; фильтровальная бумага.

Проведение испытаний по схеме неконсолидированного быстрого среза:

1. Перед производством испытания на сдвиг собрать срезыватель прибора. Для этого верхнюю обойму следует поставить на нижнюю, а установочные шпильки закрутить, настолько, чтобы концы их вошли в отверстия бобышек нижней обоймы, и верхняя обойма лежала на нижней без зазора между ними.

2. Гильзу с вырезанным образцом поместить в верхнюю обойму срезывателя. Поверхность грунта покрыть фильтровальной бумагой. После этого положить верхний перфорированный вкладыш.

3. После закрепления срезывателя в гнезде маховичком и соединения обойм грунт продавить до соприкосновения с нижним вкладышем.

4. После зарядки срезывателя на верхний вкладыш осторожно двумя руками заложить штамп загрузочного устройства. Сверху установить крестовину и подсоединить механизм вертикального давления.

5. На образец грунта передать в одну ступень нормальное давление p , при котором будет производиться срез образца. Значения p принять по таблице 3.

Таблица 3 – Рекомендуемые значения нормального давления

Грунты	Нормальное давление p , МПа
Глинистые и органоминеральные грунты с показателем текучести: $0,5 < I_L < 1,0$ $I_L > 1,0$	0,05; 0,1; 0,15 0,025; 0,075; 0,125

6. Одновременным вращением гаек установочных шпилек, соединяющих обоймы, установить зазор между обоймами. Величина должна быть минимальной (от 0,5 до 1,0 мм). Если вращение гаек требует значительного усилия или после их изъятия зазор закрывается снова, необходимо снять вертикальное давление и проверить правильность загрузки.

7. Перед началом сдвига упор тормозного устройства отвести от эксцентрика с таким расчетом, чтобы ход верхней обоймы срезывателя был равен 5-8 мм.

8. Присоединить с помощью тросика механизм горизонтальной нагрузки. Выкрутить установочные шпильки и установить индикатор горизонтальных деформаций так, чтобы ножка была выдвинута на 6-8 мм.

9. При передаче касательной нагрузки ступенями их значения не должны превышать 10 % значения нормального давления, при котором производится срез. Весь опыт должен занять не более 2 мин [1].

Полученные результаты:

$$tg\varphi = 0,7$$

$$c = 0,00083$$

Таблица 4 – Журнал лабораторных определений на одноплоскостной срез фосфогипса

Масса груза на подвеске рычага вертикальной нагрузки Q_1 , кг	Давление на образец грунта P , МПа	Нормальное напряжение σ , МПа	Масса груза на подвеске рычага горизонтальной нагрузки Q_2 , кг	Касательное напряжение τ , МПа
1,6	0,05	0,05	1,4	0,035
3,6	0,1	0,1	2,9	0,0725
5,6	0,15	0,15	4,2	0,105

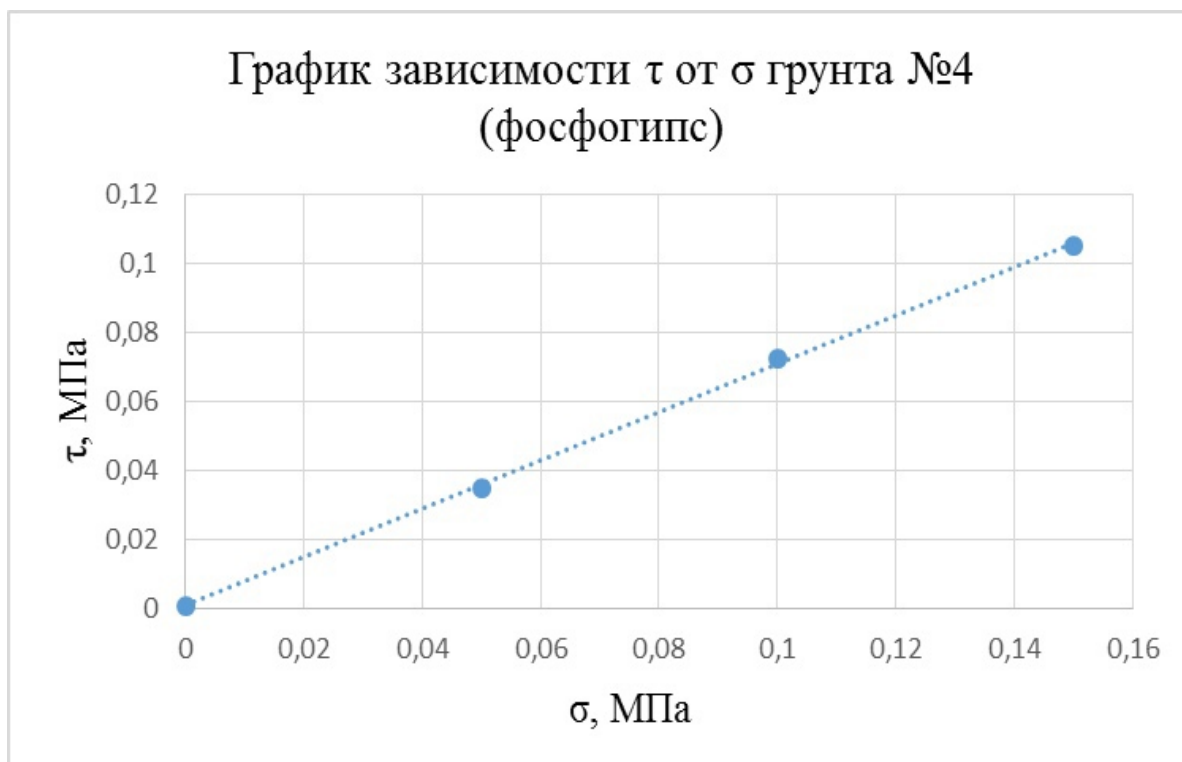


Рисунок 2 – График зависимости τ от σ фосфогипса

Деформационные свойства характеризуют поведение грунта под нагрузками, не превышающими критические и, следовательно, не приводящими к разрушению. Эти свойства можно выразить двумя парами показателей: либо модулем деформации и коэффициентом Пуассона, либо модулями сдвига и объемного сжатия.

Деформационные свойства грунтов определяются в условиях, моделирующих работу грунта в сооружении. Наиболее часто деформационные свойства грунтов определяются при статическом нагружении.

Грунт под нагрузкой может деформироваться при свободном расширении, ограниченном боковым или без бокового расширения. Первое условие реализуется при одноосном сжатии образцов, второе — при испытании в приборах трехосного сжатия и методом пробных нагрузок, третье — при компрессии.

Прочностные свойства характеризуют поведение грунта под нагрузками, равными или превышающими критические, и определяются только при разрушении грунта. Сдвиг и разрыв – два основных механизма потери прочности телом. Сдвиг происходит под действием касательных сил; при сдвиге одна часть тела перемещается относительно другой. Разрыв тела происходит под действием нормальных растягивающих, сил и морфологически выражается в виде трещин и отделении одной части тела от другой.

Список литературы

1. Грунтоведение: практикум / В. Л. Моляренко [и др.]; М-во образования Республики Беларусь, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2022. – 90 с.
2. Грунтоведение: учебное пособие / сост. В.В. Крамаренко; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 472 с.