Лабораторная работа № 3

Определение фильтрационных свойств грунтов. Методика лабораторного изучения коэффициента фильтрации. Обработка и анализ полученных результатов

1. Цель работы

Целью лабораторной работы является формирование у студентов навыков определения фильтрационных свойств грунтов лабораторным методом, расчета коэффициента фильтрации и анализа полученных результатов с гидрогеологической точки зрения.

2. Задачи работы

В ходе выполнения лабораторной работы студент должен:

1. изучить основные понятия, связанные с фильтрацией подземных вод;
2. ознакомиться с лабораторной методикой определения коэффициента фильтрации;
3. определить объем воды, профильтровавшейся через образец грунта за заданное время;
4. рассчитать коэффициент фильтрации грунта;
5. перевести коэффициент фильтрации из см/с в м/сут;
6. сравнить фильтрационные свойства разных грунтов;
7. сделать вывод о водопроницаемости исследуемых образцов.

3. Краткие теоретические сведения

Фильтрация – это движение воды через поры, трещины и другие пустоты горных пород. Способность грунтов и горных пород пропускать воду называется водопроницаемостью.

Одним из основных показателей водопроницаемости является коэффициент фильтрации.

Коэффициент фильтрации – это величина, характеризующая скорость движения воды через породу при определенном гидравлическом уклоне. Он показывает, насколько легко вода проходит через грунт или горную породу.

Коэффициент фильтрации зависит от:

– гранулометрического состава грунта;
– размера и формы пор;
– степени уплотнения грунта;
– пористости;
– трещиноватости;
– вязкости воды;
– температуры воды;
– степени засорения пор мелкими частицами.

Наиболее высокой водопроницаемостью обладают гравий, галечник, крупнозернистые и среднезернистые пески. Низкой водопроницаемостью обладают супеси, суглинки и особенно глины.

Изучение коэффициента фильтрации имеет большое значение при гидрогеологических исследованиях, так как этот показатель используется при расчете движения подземных вод, притоков воды к скважинам, карьерам и горным выработкам.

4. Закон Дарси

Движение воды в водоносных породах при спокойном ламинарном режиме описывается законом Дарси.

Согласно закону Дарси, расход воды через грунт прямо пропорционален коэффициенту фильтрации, площади поперечного сечения образца и гидравлическому уклону.

Для лабораторного определения коэффициента фильтрации при постоянном напоре используется формула:

$$k = Q \times L / (F \times H \times t)$$

где:

k – коэффициент фильтрации, см/с;

Q – объем воды, профильтровавшейся через образец, $см^3$;

L – длина или высота образца грунта, см;

F – площадь поперечного сечения образца, $см^2$;

H – разность напоров, см;

t – время фильтрации, с.

Если расчет выполнен в см/с, то для перевода коэффициента фильтрации в м/сут используется формула:

$$k, м/сут = k, см/с \times 864$$

Например:

если $k = 0{,}005$ см/с, то:

$$k = 0{,}005 \times 864 = 4{,}32 \text{ м/сут}$$

5. Ориентировочная классификация грунтов по коэффициенту фильтрации

Для учебной оценки можно использовать следующую ориентировочную классификацию.

Коэффициент фильтрации, м/сут	Характеристика водопроницаемости	Примеры грунтов
Более 10	Высокая водопроницаемость	Гравий, галечник, крупные пески
1–10	Средняя водопроницаемость	Средние и мелкие пески
0,1–1	Низкая водопроницаемость	Пылеватые пески, супеси
0,01–0,1	Очень низкая водопроницаемость	Суглинки
Менее 0,01	Практически водоупорные грунты	Глины

Следует учитывать, что приведенные значения являются ориентировочными. В реальных условиях коэффициент фильтрации может изменяться в зависимости от плотности грунта, неоднородности разреза, трещиноватости, температуры воды и других факторов.

6. Практическое значение работы

Для студентов образовательной программы «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» определение коэффициента фильтрации имеет важное прикладное значение.

Коэффициент фильтрации используется при:

– оценке водоносности пород;

– прогнозе притоков подземных вод в карьеры и шахты;

– проектировании водопонизительных мероприятий;

– расчете работы водозаборных скважин;

– оценке условий осушения месторождений;

– изучении устойчивости горных выработок;

– оценке миграции загрязняющих веществ в подземных водах.

При разведке и разработке месторождений полезных ископаемых знание фильтрационных свойств пород позволяет заранее оценить возможные осложнения, связанные с обводненностью горных выработок.

7. Оборудование и материалы

Для выполнения лабораторной работы необходимы:

– лабораторный фильтрационный прибор;

– образцы грунтов;

– мерный цилиндр;

– секундомер;

– линейка;

– вода;

– калькулятор;

– таблица исходных данных;

– тетрадь или электронная форма отчета.

Если лабораторный прибор отсутствует, работа может быть выполнена по условным расчетным данным, приведенным в настоящей лабораторной работе.

8. Исходные данные

Для выполнения лабораторной работы используются данные лабораторного опыта по фильтрации воды через разные образцы грунтов.

Во всех опытах приняты следующие параметры:

L = 10 см – высота образца грунта;

F = 20 см² – площадь поперечного сечения образца;

H = 20 см – разность напоров;

t = 300 с — время фильтрации.

Таблица 1 – Исходные данные лабораторного опыта

№ образца	Грунт	L, см	F, см²	H, см	t, с	Q1, см³	Q2, см³	Q3, см³
1	Песок гравелистый	10	20	20	300	355	365	360
2	Песок среднезернистый	10	20	20	300	175	185	180

3	Песок мелкозернистый	10	20	20	300	58	62	60
4	Песок пылеватый	10	20	20	300	11	13	12
5	Супесь	10	20	20	300	2,8	3,2	3,0
6	Суглинок	10	20	20	300	0,5	0,7	0,6

где:

Q1, Q2, Q3 – объем воды, профильтровавшейся через образец при трех повторных измерениях, см³.

9. Порядок выполнения работы

Этап 1. Ознакомление с исходными данными

Изучите таблицу 1. Обратите внимание на то, что для каждого образца грунта выполнено три повторных измерения объема профильтровавшейся воды.

Этап 2. Расчет среднего объема профильтровавшейся воды

Для каждого образца рассчитайте среднее значение объема воды:

Qср = (Q1 + Q2 + Q3) / 3

где:

Qср – средний объем профильтровавшейся воды, см³;

Q1, Q2, Q3 – результаты повторных измерений, см³.

Этап 3. Расчет коэффициента фильтрации

Для каждого образца рассчитайте коэффициент фильтрации по формуле:

k = Qср × L / (F × H × t)

где:

k – коэффициент фильтрации, см/с;

Qср – средний объем профильтровавшейся воды, см³;

L – высота образца, см;

F – площадь поперечного сечения образца, см²;

H – разность напоров, см;

t – время фильтрации, с.

Этап 4. Перевод коэффициента фильтрации в м/сут

Полученное значение коэффициента фильтрации в см/с переведите в м/сут:

k, м/сут = k, см/с × 864

Этап 5. Определение степени водопроницаемости грунта

По полученному значению коэффициента фильтрации определите степень водопроницаемости каждого образца:

– высокая;

– средняя;

– низкая;

– очень низкая;

– практически водоупорный грунт.

Для этого используйте ориентировочную классификацию, приведенную в разделе 5.

Этап 6. Заполнение итоговой таблицы

Результаты расчетов внесите в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты определения коэффициента фильтрации

№ образца	Грунт	Qср, см³	k, см/с	k, м/сут	Характеристика водопроницаемости
1	Песок гравелистый				
2	Песок среднезернистый				
3	Песок мелкозернистый				
4	Песок пылеватый				
5	Супесь				
6	Суглинок				

10. Пример расчета

Рассмотрим образец № 1 – песок гравелистый.

Исходные данные:

L = 10 см
F = 20 см²
H = 20 см
t = 300 с
Q1 = 355 см³
Q2 = 365 см³
Q3 = 360 см³

10.1. Расчет среднего объема профильтровавшейся воды

Qср = (355 + 365 + 360) / 3 = 360 см³

10.2. Расчет коэффициента фильтрации

k = 360 × 10 / (20 × 20 × 300)
k = 3600 / 120000 = 0,030 см/с

10.3. Перевод коэффициента фильтрации в м/сут

k = 0,030 × 864 = 25,92 м/сут

Следовательно, песок гравелистый имеет коэффициент фильтрации **25,92 м/сут** и относится к грунтам с высокой водопроницаемостью.

11. Задание для самостоятельного выполнения

Студенту необходимо:

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Рассчитать средний объем профильтровавшейся воды для каждого образца.
3. Рассчитать коэффициент фильтрации в см/с.

4. Перевести коэффициент фильтрации в м/сут.

5. Определить степень водопроницаемости каждого грунта.

6. Заполнить таблицу 2.

7. Сравнить фильтрационные свойства разных грунтов.

8. Сделать общий вывод о влиянии состава грунта на его водопроницаемость.

12. Анализ результатов

После выполнения расчетов необходимо сравнить значения коэффициента фильтрации для всех образцов.

При анализе следует обратить внимание на следующие положения:

1. Чем крупнее частицы грунта, тем выше его водопроницаемость.

2. Гравелистые и среднезернистые пески обычно имеют высокий коэффициент фильтрации.

3. Мелкозернистые и пылеватые пески пропускают воду значительно хуже.

4. Супеси и суглинки обладают низкой или очень низкой водопроницаемостью.

5. Уменьшение размера пор приводит к снижению скорости фильтрации.

6. Высокий коэффициент фильтрации указывает на возможность значительных притоков подземных вод при вскрытии водоносного горизонта.

7. Низкий коэффициент фильтрации указывает на слабую способность грунта пропускать воду и возможную роль водоупора или слабопроницаемого слоя.

13. Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен включать:

1. номер и тему лабораторной работы;
2. цель работы;
3. краткие теоретические сведения;
4. исходные данные;
5. расчет среднего объема профильтровавшейся воды;
6. расчет коэффициента фильтрации;
7. перевод коэффициента фильтрации в м/сут;
8. заполненную итоговую таблицу;
9. анализ полученных результатов;
10. общий вывод;
11. ответы на контрольные вопросы.

14. Требования к выводу

В выводе необходимо указать:

– какой показатель был определен в ходе лабораторной работы;

– какие грунты имеют наибольший коэффициент фильтрации;

– какие грунты имеют наименьший коэффициент фильтрации;

– как гранулометрический состав влияет на водопроницаемость;

– какие грунты могут выполнять роль водоносных пород;

– какие грунты могут выполнять роль слабопроницаемых или водоупорных слоев;

– какое значение имеет коэффициент фильтрации при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых.

15. Контрольные вопросы

1. Что такое фильтрация подземных вод?
2. Что называется коэффициентом фильтрации?
3. От каких факторов зависит коэффициент фильтрации грунта?
4. Какие грунты обладают высокой водопроницаемостью?
5. Почему глины и суглинки плохо пропускают воду?
6. В чем заключается закон Дарси?
7. Какие величины используются при расчете коэффициента фильтрации?
8. В каких единицах может выражаться коэффициент фильтрации?
9. Как перевести коэффициент фильтрации из см/с в м/сут?
10. Почему необходимо выполнять несколько повторных измерений объема профильтровавшейся воды?
11. Как коэффициент фильтрации используется при расчете притоков воды к горным выработкам?
12. Почему изучение фильтрационных свойств важно при разведке месторождений полезных ископаемых?

16. Критерии оценивания

Критерий оценивания	**Баллы**
Правильность расчета среднего объема профильтровавшейся воды	15
Правильность расчета коэффициента фильтрации	30
Правильность перевода коэффициента фильтрации в м/сут	15
Верная характеристика водопроницаемости грунтов	15
Полнота заполнения итоговой таблицы	10
Анализ и интерпретация результатов	10
Вывод и ответы на контрольные вопросы	5
Итого	**100**

17. Рекомендуемая литература

1. Климентов П. П., Богданов Г. Я. Общая гидрогеология.
2. Ланге О. К. Гидрогеология.
3. Биндеман Н. Н., Язвин Л. С. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод.
4. Справочник гидрогеолога.
5. Учебные и методические материалы по дисциплине «Гидрогеология».