Лабораторная работа № 5

Опытно-фильтрационные работы. Методика проведения опытов в скважинах. Расчет фильтрационных параметров

1. Цель работы

Целью лабораторной работы является формирование у студентов практических навыков обработки данных опытно-фильтрационных работ в скважинах, определения основных фильтрационных параметров водоносного горизонта и анализа результатов опытной откачки.

2. Задачи работы

В ходе выполнения лабораторной работы студент должен:

1. изучить назначение и основные виды опытно-фильтрационных работ;
2. ознакомиться с методикой проведения опытной откачки из скважины;
3. определить понижение уровня воды в скважине;
4. рассчитать дебит и удельный дебит скважины;
5. определить коэффициент водопроводимости водоносного горизонта;
6. рассчитать коэффициент фильтрации;
7. выполнить анализ зависимости дебита от понижения уровня воды;
8. сделать вывод о фильтрационных свойствах водоносного горизонта.

3. Краткие теоретические сведения

Опытно-фильтрационные работы – это специальные гидрогеологические исследования, которые выполняются для определения фильтрационных свойств водоносных горизонтов и оценки их водообильности.

К опытно-фильтрационным работам относятся:

– пробные откачки;

– опытные откачки;

– кустовые откачки;

– наливы воды в скважины;

– нагнетания воды;

– наблюдения за восстановлением уровня воды после прекращения откачки.

Наиболее распространенным видом опытно-фильтрационных работ является опытная откачка. Она заключается в откачивании воды из скважины с постоянным или ступенчатым дебитом и наблюдении за изменением уровня воды во времени.

В результате опытной откачки получают данные о:

– дебите скважины;

– понижении уровня воды;

– удельном дебите;

– водопроводимости водоносного горизонта;

– коэффициенте фильтрации;

– радиусе влияния откачки;

– характере питания и разгрузки подземных вод.

4. Основные понятия

4.1. Статический уровень воды

Статический уровень воды – это уровень подземных вод в скважине до начала откачки, когда вода находится в естественном состоянии и не испытывает воздействия водоотбора.

4.2. Динамический уровень воды

Динамический уровень воды – это уровень воды в скважине во время откачки.

При откачке уровень воды в скважине понижается. Чем больше дебит откачки, тем сильнее обычно понижается уровень воды.

4.3. Понижение уровня воды

Понижение уровня воды – это разность между динамическим и статическим уровнями.

S = Ндин – Нст

где:

S – понижение уровня воды, м;

Ндин – динамический уровень воды, м;

Нст – статический уровень воды, м.

Если уровни измеряются от поверхности земли вниз, то динамический уровень обычно имеет большее численное значение, чем статический.

4.4. Дебит скважины

Дебит скважины – это количество воды, откачиваемое из скважины за единицу времени.

Дебит может выражаться в:

– л/с;

– м³/ч;

– м³/сут.

Для перевода дебита из л/с в м³/сут используется формула:

Q, м³/сут = Q, л/с × 86,4

4.5. Удельный дебит скважины

Удельный дебит показывает, какой дебит приходится на 1 м понижения уровня воды.

q = Q / S

где:

q – удельный дебит, л/с·м;

Q – дебит скважины, л/с;

S – понижение уровня воды, м.

Чем выше удельный дебит, тем более водообильной является скважина.

4.6. Водопроводимость водоносного горизонта

Водопроводимость характеризует способность всего водоносного горизонта пропускать воду по своей мощности.

Для напорного водоносного горизонта водопроводимость можно рассчитать по формуле:

$$T = Q \times \ln(R / r) / (2 \times 3{,}14 \times S)$$

где:

T – водопроводимость, м²/сут;

Q – дебит скважины, м³/сут;

R – радиус влияния откачки, м;

r – радиус скважины, м;

S – понижение уровня воды, м;

ln – натуральный логарифм.

4.7. Коэффициент фильтрации

Коэффициент фильтрации показывает способность водовмещающих пород пропускать воду.

Для напорного водоносного горизонта коэффициент фильтрации рассчитывается по формуле:

$$k = T / m$$

где:

k – коэффициент фильтрации, м/сут;

T – водопроводимость, м²/сут;

m – мощность водоносного горизонта, м.

5. Практическое значение опытно-фильтрационных работ

Для студентов образовательной программы «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» опытно-фильтрационные работы имеют важное практическое значение.

Они используются при:

– оценке водообильности водоносных горизонтов;

– определении фильтрационных параметров пород;

– прогнозе притоков воды в карьеры, шахты и штольни;

– проектировании систем водопонижения;

– оценке возможности водоснабжения объектов;

– расчете эксплуатационных запасов подземных вод;

– изучении условий обводненности месторождений полезных ископаемых;

– оценке гидрогеологических условий при строительстве и горных работах.

При разведке месторождений полезных ископаемых опытные откачки позволяют оценить, насколько сильно водоносный горизонт может осложнять проведение горных и буровых работ.

6. Методика проведения опытной откачки

Опытная откачка проводится в несколько этапов.

Этап 1. Подготовка скважины

Перед началом откачки необходимо:

1. проверить техническое состояние скважины;
2. определить глубину скважины;
3. установить насосное оборудование;
4. подготовить приборы для измерения уровня воды;
5. подготовить емкости или расходомер для определения дебита;
6. зафиксировать статический уровень воды.

Этап 2. Начало откачки

После включения насоса начинается откачка воды из скважины. В процессе откачки измеряют:

– время от начала опыта;
– динамический уровень воды;
– дебит скважины;
– температуру воды;
– мутность воды;
– изменение качества воды при необходимости.

Этап 3. Наблюдение за уровнем воды

Уровень воды измеряется через определенные интервалы времени.

В начале опыта измерения выполняются чаще, например через 1, 2, 5, 10 минут. Затем интервалы можно увеличить.

Цель наблюдений – установить, как изменяется уровень воды при откачке и достигается ли стабилизация.

Этап 4. Завершение откачки

После завершения откачки насос выключают и наблюдают за восстановлением уровня воды.

Восстановление уровня показывает, насколько быстро водоносный горизонт восполняет отобранный объем воды.

Этап 5. Обработка результатов

После проведения опыта выполняют расчеты:

– понижения уровня воды;
– удельного дебита;
– водопроводимости;
– коэффициента фильтрации;
– характеристики водоносного горизонта.

7. Исходные данные

Для выполнения лабораторной работы используются условные данные опытной откачки из скважины.

Скважина вскрывает напорный водоносный горизонт, представленный трещиноватыми песчаниками.

Исходные параметры:

Статический уровень воды Нст = 8,0 м

Мощность водоносного горизонта m = 12 м

Радиус скважины r = 0,1 м

Радиус влияния откачки R = 100 м

ln(R / r) = 6,91

Таблица 1 – Данные ступенчатой опытной откачки

№ ступени	Дебит Q, л/с	Динамический уровень Ндин, м	Время откачки, ч	Характеристика воды
1	2,0	9,2	2	Вода прозрачная
2	3,0	9,9	2	Вода прозрачная
3	4,0	10,8	2	Незначительное помутнение в начале ступени

8. Порядок выполнения работы

Этап 1. Определение понижения уровня воды

Для каждой ступени откачки рассчитайте понижение уровня воды по формуле:

S = Ндин – Нст

Результаты внесите в таблицу 2.

Этап 2. Перевод дебита из л/с в м³/сут

Для каждой ступени переведите дебит из л/с в м³/сут по формуле:

Q, м³/сут = Q, л/с × 86,4

Этап 3. Расчет удельного дебита

Для каждой ступени откачки рассчитайте удельный дебит:

q = Q / S

где:

q – удельный дебит, л/с·м;

Q – дебит, л/с;

S – понижение уровня воды, м.

Этап 4. Расчет водопроводимости

Для каждой ступени рассчитайте водопроводимость водоносного горизонта по формуле:

T = Q × ln(R / r) / (2 × 3,14 × S)

где:

T – водопроводимость, м²/сут;

Q – дебит, м³/сут;

ln(R / r) – натуральный логарифм отношения радиуса влияния откачки к радиусу скважины;

S – понижение уровня воды, м.

Этап 5. Расчет коэффициента фильтрации

Для каждой ступени рассчитайте коэффициент фильтрации:

k = T / m

где:

k – коэффициент фильтрации, м/сут;

T – водопроводимость, м²/сут;

m – мощность водоносного горизонта, м.

Этап 6. Заполнение итоговой таблицы

Результаты расчетов внесите в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты обработки опытной откачки

№ ступени	Q, л/с	Q, м³/сут	Нст, м	Ндин, м	S, м	q, л/с·м	T, м²/сут	k, м/сут
1	2,0		8,0	9,2				
2	3,0		8,0	9,9				
3	4,0		8,0	10,8				

Этап 7. Построение графика зависимости дебита от понижения

По результатам расчетов постройте график зависимости:

Q = f(S)

где:

Q – дебит скважины, л/с;

S – понижение уровня воды, м.

По горизонтальной оси откладывается понижение **S**, м. По вертикальной оси откладывается дебит **Q**, л/с.

График позволяет оценить, как изменяется дебит скважины при увеличении понижения уровня воды.

9. Пример расчета

Рассмотрим первую ступень откачки.

Исходные данные:

Нст = 8,0 м

Ндин = 9,2 м

Q = 2,0 л/с

m = 12 м

r = 0,1 м

R = 100 м

ln(R / r) = 6,91

9.1. Расчет понижения уровня воды
$S = 9,2 – 8,0 = 1,2$ м

9.2. Перевод дебита в м³/сут
$Q = 2,0 \times 86,4 = 172,8$ м³/сут

9.3. Расчет удельного дебита
$q = 2,0 / 1,2 = 1,67$ л/с·м

9.4. Расчет водопроводимости
$T = 172,8 \times 6,91 / (2 \times 3,14 \times 1,2)$
$T = 1194,05 / 7,54 = 158,4$ м²/сут

9.5. Расчет коэффициента фильтрации
$k = 158,4 / 12 = 13,2$ м/сут

Следовательно, по результатам первой ступени откачки коэффициент фильтрации водоносного горизонта составляет **13,2 м/сут**, что указывает на достаточно высокую водопроницаемость трещиноватых песчаников.

10. Задание для самостоятельного выполнения

Студенту необходимо:

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. По данным таблицы 1 рассчитать понижение уровня воды для каждой ступени откачки.
3. Перевести дебит из л/с в м³/сут.
4. Рассчитать удельный дебит скважины.
5. Рассчитать водопроводимость водоносного горизонта.
6. Рассчитать коэффициент фильтрации.
7. Заполнить таблицу 2.
8. Построить график зависимости дебита от понижения.
9. Проанализировать изменение удельного дебита при увеличении водоотбора.
10. Сделать общий вывод о фильтрационных свойствах водоносного горизонта.

11. Анализ результатов

При анализе результатов необходимо обратить внимание на следующие положения:

1. При увеличении дебита обычно увеличивается понижение уровня воды.
2. Если понижение растет быстрее, чем дебит, это может указывать на снижение эффективности работы скважины.
3. Удельный дебит показывает водообильность скважины.
4. Чем выше водопроводимость, тем лучше водоносный горизонт передает воду.

5. Коэффициент фильтрации отражает водопроницаемость водовмещающих пород.

6. Если значения коэффициента фильтрации на разных ступенях сильно различаются, необходимо проверить исходные данные или учитывать неустановившийся режим фильтрации.

7. Трещиноватые песчаники при достаточной раскрытости трещин могут быть хорошими водоносными породами.

8. Незначительное помутнение воды в начале откачки может быть связано с выносом мелких частиц из призабойной зоны скважины.

12. Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен включать:

1. номер и тему лабораторной работы;
2. цель работы;
3. краткие теоретические сведения;
4. описание методики опытной откачки;
5. исходные данные;
6. расчет понижения уровня воды;
7. перевод дебита в $м^3$/сут;
8. расчет удельного дебита;
9. расчет водопроводимости;
10. расчет коэффициента фильтрации;
11. заполненную итоговую таблицу;
12. график зависимости дебита от понижения;
13. анализ полученных результатов;
14. общий вывод;
15. ответы на контрольные вопросы.

13. Требования к выводу

В выводе необходимо указать:

– какой вид опытно-фильтрационных работ был рассмотрен;

– какие параметры были рассчитаны;

– как изменялось понижение уровня воды при увеличении дебита;

– как изменялся удельный дебит;

– какие значения водопроводимости и коэффициента фильтрации были получены;

– насколько водоносный горизонт является водопроницаемым;

– какое значение имеют опытно-фильтрационные работы при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых.

14. Контрольные вопросы

1. Что такое опытно-фильтрационные работы?
2. Для чего проводят опытные откачки из скважин?
3. Чем пробная откачка отличается от опытной?
4. Что называется статическим уровнем воды?

5. Что называется динамическим уровнем воды?

6. Как определяется понижение уровня воды?

7. Что такое дебит скважины?

8. Что показывает удельный дебит?

9. В каких единицах выражается дебит скважины?

10. Как перевести дебит из л/с в м³/сут?

11. Что такое водопроводимость водоносного горизонта?

12. Что показывает коэффициент фильтрации?

13. Почему при увеличении дебита возрастает понижение уровня воды?

14. Для чего строят график зависимости дебита от понижения?

15. Как опытно-фильтрационные работы используются при разведке месторождений полезных ископаемых?

15. Критерии оценивания

Критерий оценивания	**Баллы**
Правильность расчета понижения уровня воды	15
Правильность перевода дебита в м³/сут	10
Правильность расчета удельного дебита	15
Правильность расчета водопроводимости	20
Правильность расчета коэффициента фильтрации	15
Построение графика зависимости дебита от понижения	10
Анализ и интерпретация результатов	10
Вывод и ответы на контрольные вопросы	5
Итого	**100**

16. 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».