

«Эксплуатационная разведка месторождений подземных вод»

**для слушателей магистратуры ОП
«Гидрогеология и инженерная геология»**

**Лекция 8
Проф. М.Заппаров**

Лекция 8

**Методика проведения опытных
нагнетаний и наливов в скважины.
Опытные наливы в шурфы. Обработка
результатов опытов, расчет
параметров.**

Для оценки фильтрационных свойств в породах, имеющих слабую водоотдачу при невозможности проведения откачки (глубокое залегание, невозможность создать необходимое понижение и пр.), а также для оценки необводненных или слабообводненных пород применяется **метод наливов или нагнетаний.**

Нагнетания и наливывы в скважины

Под **нагнетанием** понимается опыт, когда осуществляется принудительная фильтрация воды под напором, превышающем уровень верхней границы опробуемого интервала.

Наливом называется опыт, при котором уровень воды находится в пределах толщи опробуемых горных пород.

Метод нагнетаний и наливов в скважины весьма прост, информативен и очень часто используется при изысканиях для гидротехнического строительства. При гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях нагнетание и наливывы применяются для следующих целей:

- определения водопроницаемости;
- определения удельного водопоглощения трещиноватых пород;
- определения необходимости цементации скального основания;
- проверки качества цементации.

В неводоносных скальных и полускальных породах обычно проводятся опытные нагнетания. Это обусловлено тем, что в скважинах, пробуренных в таких породах, просто и надежно изолируются интервалы на весь срок проведения опыта (рис.).

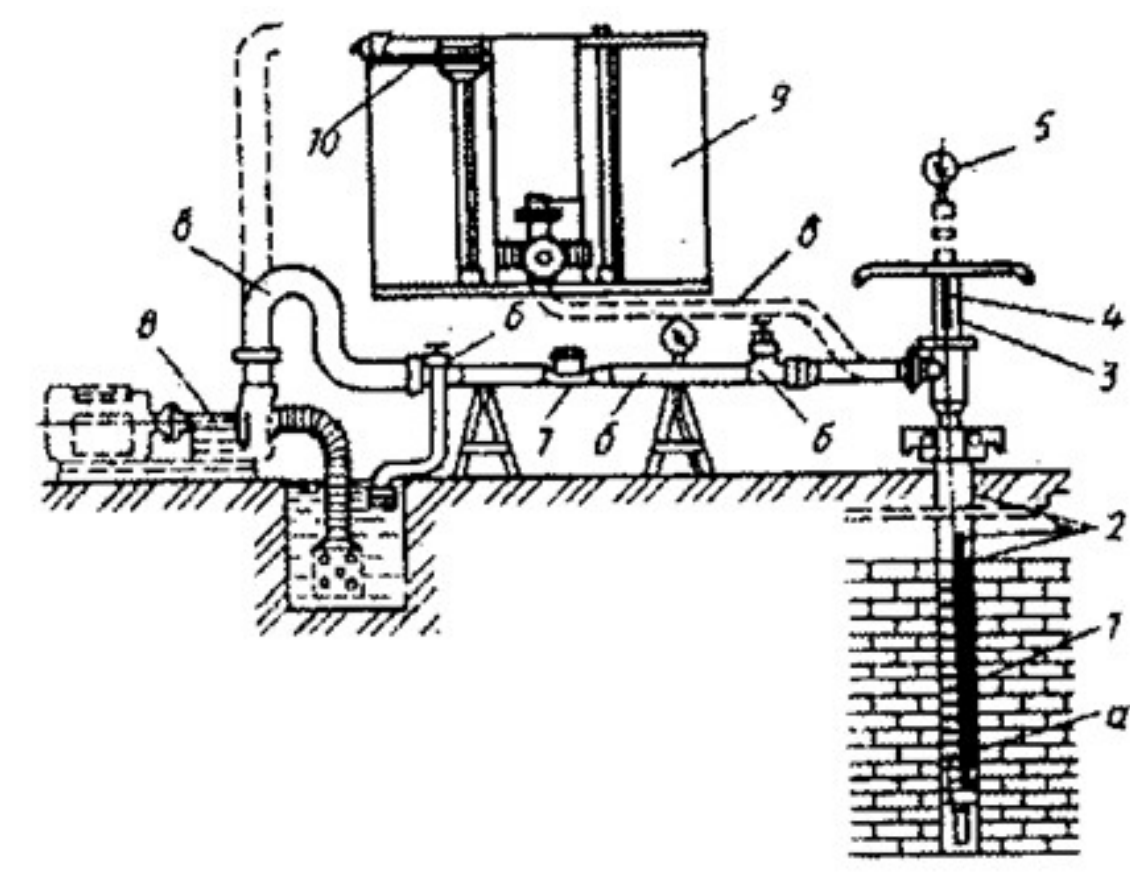


Рис. Комплект оборудования для опытных нагнетаний:

а – тампон; **б** – распределительное устройство; **в** – напорный рукав для нагнетания воды в скважину с помощью насоса или мерных баков; **1** – собственно тампон (резиновые кольца); **2** – колонны упорных труб и натяжных штанг; **3** – головка тампона; **4** – домкрат; **5** – манометр; **6** – вентили; **7** – водомер; **8** – насос; **9** – мерные баки; **10** – регулятор уровня

В рыхлосвязанных породах и породах зоны выветривания организуются опытные наливов, так как в этих условиях трудно организовать изоляцию скважины и создать избыточный напор (при высоком удельном водопоглощении).

Опыты могут проводиться при установившемся и неуставившемся режиме, то есть может быть осуществлен с постоянным напором до стабилизации расхода, а может и только при постоянном расходе (напоре).

Если наливов и нагнетания осуществляются в водоносные породы, то расчет параметров определяется по тем же формулам, что и при откачках. При этом в формулах вместо понижения уровня учитывается соответствующее повышение уровня в центральной и наблюдательных скважинах.

При опытных нагнетаниях в скальные и полускальные породы оценивается не только их водопроницаемость, но и по величине удельного водопоглощения их трещиноватость.

Опытные нагнетания осуществляют поинтервально (через 5 м) при нескольких ступенях напора.

По результатам опыта строятся графики зависимости расхода и напора от времени, вычисляют величины приведенных расходов, строят графики приведенных расходов .

Наливы и нагнетания в обводненные породы – единственный метод определения водопроницаемости интервалов пород.

Однако этот метод дает весьма приближенные результаты, так как “сухие” скважины обычно закольматированы продуктами разрушения при бурении и их очень сложно прочистить. Опытные нагнетания могут проводиться при установившемся и не установившемся режиме фильтрации. Для осуществления опыта по нагнетанию в скважинах обычно создаются напоры, в 10-12 раз превышающие длину испытываемого интервала.

При нагнетании воды в сухие породы через скважину происходит изменение уровней образующегося потока.

Имея данные по центральной скважине по двум замерам уровня h_1 и h_2 над кровлей горизонта на момент времени t_1 и t_2 после начала опыта, при постоянном дебите Q можем определить коэффициент фильтрации пород

$$K = \frac{Q}{\pi(h_2 - h_1)} \ln \frac{r}{r_c} \quad (5.39)$$

Активная пористость μ определяется по формуле

$$\mu = \frac{Q}{\pi(h_2 - h_1)} \ln \frac{r}{r_c} \quad (5.40)$$

$$\alpha = \frac{h_1 - h_n}{h_2 - h_1} \quad (5.41)$$

По наблюдательной скважине

$$K = \frac{Q}{\pi(h_2 - h_1)} \ln \frac{r}{r_c} \quad (5.42)$$

$$\mu = \frac{Q}{\pi(h_2 - h_1)} \ln \frac{r}{r_c} \quad (5.43)$$

где t_n - время появления воды в наблюдательной скважине от начала опыта;

h_n - столб воды в центральной скважине в момент появления воды в наблюдательной;

r_c - радиус скважины;

r - расстояние между скважинами.

Опытные наливывы в скважины проводятся для оценки водопроницаемости обводненных пород в тех случаях, когда откачки затруднены (глубокое залегание подземных вод, слабая водоотдача, невозможность обеспечить ощутимые понижения и т.д.), для изучения фильтрационных свойств слабо обводненных и необводненных пород зоны аэрации, для определения водопроницаемости и удельного водопоглощения трещиноватых скальных пород, выявления необходимости цементации скальных оснований под инженерными сооружениями, выбора противофильтрационных мероприятий, проверка качества цементационных работ.

Опытные наливывы целесообразно применять в рыхло-связных и трещиноватых породах коры выветривания, относительная проницаемость которых характеризуется высоким водопоглощением, где поэтому трудно обеспечить надежную изоляцию опробуемого участка.

Выбор способа налива обосновывается проектом работ и определяется геологическим строением, степенью водопроницаемости, трещиноватости или закарстованности пород и техническими возможностями.

Каждый интервал пород, подлежащих испытаниям, должен быть однородным по литологическому составу и строению, по степени трещиноватости или закарстованности. Испытание двух контактирующих разностей пород, резко разливающихся по водопроницаемости в одном интервале, допускается производить только в том случае, если необходимо изучить зону контакта этих пород.

Наливы воды в скважину следует производить при соблюдении условия

$S = 10 l$, где S – столб воды в скважине;

l – длина фильтра.

Для определения гидрогеологических параметров по результатам наливов воды в скважины используются те же расчетные формулы, что и при откачках, лишь заменяя в них понижение уровня повышением.

По данным наливов воды в скважины определяют условную характеристику водопроницаемости скальных пород – удельное водопоглощение q , под которым понимают количество воды (в дм^3), поглощенное породой в 1 мин на 1 м длины опробуемого участка скважины при напоре, равном 1 м.

Достоверность результатов опытных работ зависит от промывки скважины водой до полного ее осветления. В обводненных породах производят прокачку, а в необводненных - промывку и наблюдают за восстановлением уровня.

Налив воды в каждый опытный интервал **начинают с максимального напора.**

Величину напора при опытах в необводненных трещиноватых породах условно отсчитывают от середины испытываемого интервала опробования.

Заданный напор и соответствующие им расходы устанавливаются по истечении некоторого времени, в течение которого регулируют подачу воды в скважину и добиваются равновесия между ее расходом и поглощением пород.

В процессе опыта в журнале регистрируют значения расхода, напора, температуры и другие показатели, строят график зависимости приведенного расхода Q от напора H , который служит для контроля правильности опыта и является основой для определения величины удельного водопоглощения, а также строят график изменения расхода воды и ее напора во времени.

Приведенный расход определяют делением установившегося расхода Q на длину испытываемого интервала l :

$$Q_0 = Q / l$$

Получение криволинейного графика $Q_0=f(H)$, обращенного выпуклостью вниз (к оси напоров), свидетельствует о том, что опыт проведен неправильно, и его надо повторить.

Если расход воды на 1 м испытываемого участка не превышает в течение первых двух часов $0,02 \text{ дм}^3/\text{мин}$, то опыт прекращают и считают породы интервала практически водонепроницаемыми.

Продолжительность наливов воды в скважину составляет 1 бригадо-смену. При установившемся режиме напор воды продолжают до тех пор, пока в течение 2 – 3 часов не будет наблюдаться установившийся расход.

Частота измерений при наливах производится так же, как и при наливах воды в шурфы.

Опытные нагнетания воздуха используются для определения фильтрационных свойств необводненных пород.

Достоинства этого метода в том, что при проведении опыта не существует кальматации скважины, отсутствие воды, нет влияния капиллярных и гравитационных сил. Существуют трудности технического характера (высокая чувствительность измерительной аппаратуры и пр.).

Опыт заключается в подаче в скважину определенного количества воздуха через бурильные трубы в интервал пород и наблюдение за его продвижением в наблюдательных скважинах. Для проведения опыта существует специальное оборудование.

Опытные наливывы в шурфы

Опыт является одним из распространенных и хорошо разработанных методом оценки фильтрационных свойств зоны аэрации. Опробование обычно осуществляется до глубины 5 м. Во время опыта ведется наблюдение за ходом инфильтрации воды из шурфа в условиях постоянного уровня воды в процессе опыта. Эти опыты проводятся при съемочных работах, при мелиоративных исследованиях, оценке фильтрационных свойств пород в области питания водоносных горизонтов, при геоэкологических исследованиях для оценки возможной миграции загрязняющих компонентов и др.

Поступающая из шурфа в породу вода, благодаря действию капиллярных сил, движется не только вниз, но и в стороны, образуя увлажненную зону. Эта зона со временем увеличивается, а динамика ее развития и размеры зависят главным образом от структуры породы и ее проницаемости. Наибольшее растекание у тонкопористых грунтов (суглинки, глины), наименьшее – у хорошо проницаемых крупнозернистых пород (крупно-зернистые пески, галечник, щебень). Очевидно, что такое растекание искажает результаты опыта, а полученные значения коэффициента фильтрации могут быть далекими от реальных. Для устранения влияния растекания на результаты опыта используют специальную схему опытной установки или учитывают в расчетных формулах.

При проведении опыта в лёссах, суглинках, глинах вследствие намокания изменяется структурная прочность этих пород, инфильтрация будет проходить неравномерно, а продолжительность периода до стабилизации расхода воды будет больше.

Скорость инфильтрации также в большей степени зависит от состояния поверхности породы, в которую проникает вода. Заиливание поверхности резко уменьшает скорость инфильтрации и искажает результаты.

При наливах в шурфы необходимо следить за тем, чтобы не была на-рушена структура поверхностного слоя породы в дне шурфа как при под-готовке к опыту, так и в процессе его проведения. Для этого, в частности, рекомендуется дно шурфа засыпать небольшим слоем (2 – 3 см) хорошо промытого щебня или гравия, что препятствует размыванию фильтрующей поверхности.

Документация опытного налива в шурф включает следующие раз-делы:

- технические данные;
- схема проведения опыта;
- наблюдение за наливом;
- графики изменения расхода и общего объема воды во времени;
- таблица результатов налива в шурф;
- вычисление коэффициента фильтрации.

По окончании налива сведения заносятся в сводный лист налива в шурф, в котором помещают схему участка, геологический разрез участка, графики изменения влажности грунта с глубиной, таблицу технических данных, графики изменения расхода и общего объема воды во времени, расчетные таблицы.

Существует несколько методов производства наливов в шурфы, из которых рассмотрим наиболее распространенные методы Болдырева и Нестерова.

Метод Болдырева А.К. применим в сильно водопроницаемых породах (крупнозернистых песках, гравийно-галечниках, породах зоны выветривания), так как основан на предположении, что, во-первых, горизонтальное сечение инфильтрирующего потока не изменяется с глубиной (нет растекания) и, во-вторых, напорный градиент потока, инфильтрирующегося из шурфа, близок к единице, что позволяет численно приравнять скорость инфильтрации к коэффициенту фильтрации.

При проведении опыта по методу Болдырева (рис.)

выдерживается **следующая последовательность операций**:

- в дне шурфа (1,0 - 1,5 м) устраивают опытный зумпф диаметром 0,3 – 0,5 м и глубиной около 0,2 м;
- детально описывают геологический разрез шурфа;
- стенки зумпфа закрепляют металлическим цилиндром, дно зачищают, закрывают слоем гравия и устанавливают мерную линейку;
- устанавливают тарированную емкость с приспособлением для подачи воды в зумпф;
- медленно заполняют зумпф водой до отметки 0,1 м, а затем подачей воды (автоматически или вручную) поддерживают этот уровень в течение всего опыта;
- расход воды замеряют с интервалами 10 – 20 минут, опыт продолжается до стабилизации расхода, когда в течение двух часов он не отклоняется от среднего более чем на 10 %.

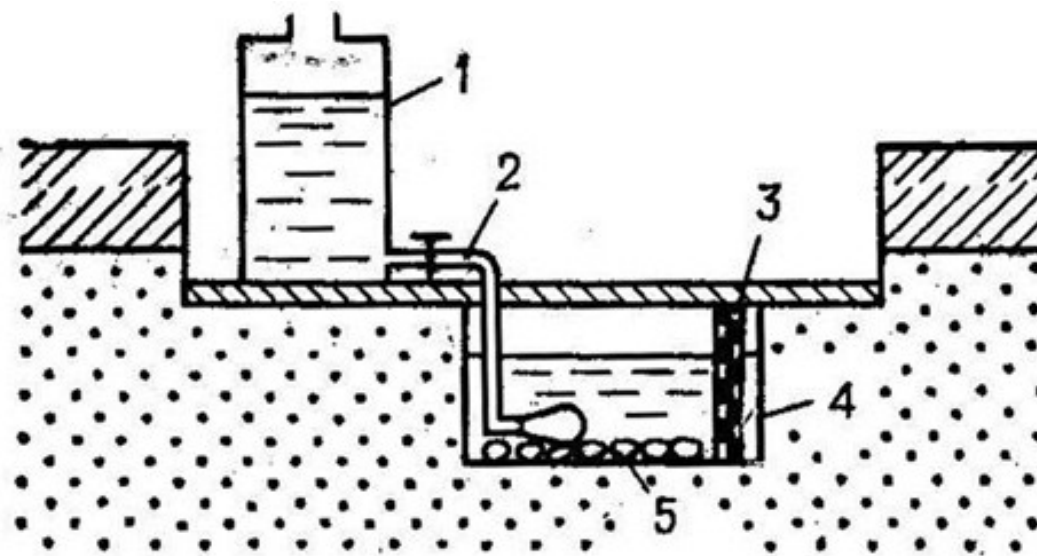


Рис.5.14. Установка опытного налива по методу Болдырева

В **журнал налива** в виде таблицы заполняются следующие сведения:

- номер отсчета;
- время замера (ч., мин.);
- промежуток между замерами (мин.);
- поглощенный объем воды (дм³);
- расход (дм³/мин).

Одновременно строится **график изменения расхода воды** в течение опыта.

Расход воды Q через площадь поперечного сечения фильтрующей толщи ω определяется по формуле

$$Q = K \frac{\omega (h_K - z)}{l}, \quad (5.44)$$

где h_K - капиллярное давление, развивающееся при инфильтрации;

z - толщина слоя воды в шурфе;

l - глубина просачивания воды.

Если принять напорный градиент близким к единице, пренебречь капиллярным давлением, то коэффициент фильтрации определяется по формуле

$$K = \frac{Q}{\omega}, \quad (5.45)$$

где Q - стабилизировавшийся в процессе налива расход воды.

Метод Нестерова Н.С. основан на том предположении, что при инфильтрации воды из двух цилиндров, расположенных концентрически, на растекание расходуется вода из внешнего цилиндра, а поток воды из внутреннего цилиндра направлен прямо вниз (рис.). В данном случае при установившемся расходе воды градиент инфильтруемого потока из внутреннего цилиндра приравнивается к единице, а скорость фильтрации -к коэффициенту фильтрации.

Этот метод применяется главным образом в мелкозернистых и глинистых породах и предусматривает последовательное проведение следующих операций:

- проходится и документируется шурф;**
- в тщательно зачищенное дно шурфа аккуратно вдавливаются концентрические кольца (на 5 – 6 см) и покрывают дно мелким гравием;**
- одновременно заполняют оба цилиндра водой на 0,1 м от дна;**
- в течение опыта уровень воды в обоих цилиндрах поддерживается строго одинаковым, для чего используются автономные для каждого цилиндра сосуда Мариотта или другие баки с автоматическими регуляторами;**
- измеряют и записывают с интервалом 10 – 20 мин. в журнал расход воды во внутренний цилиндр и строят график изменения расхода во времени;**
- для определения глубины промачивания по окончании опыта проходят в центр шурфа скважину (3 – 4 м) и через 0,2 м отбирают образцы пород на влажность;**
- для контроля естественной влажности проходят, документируют и опробывают скважину в 3 – 4 метрах от шурфа.**

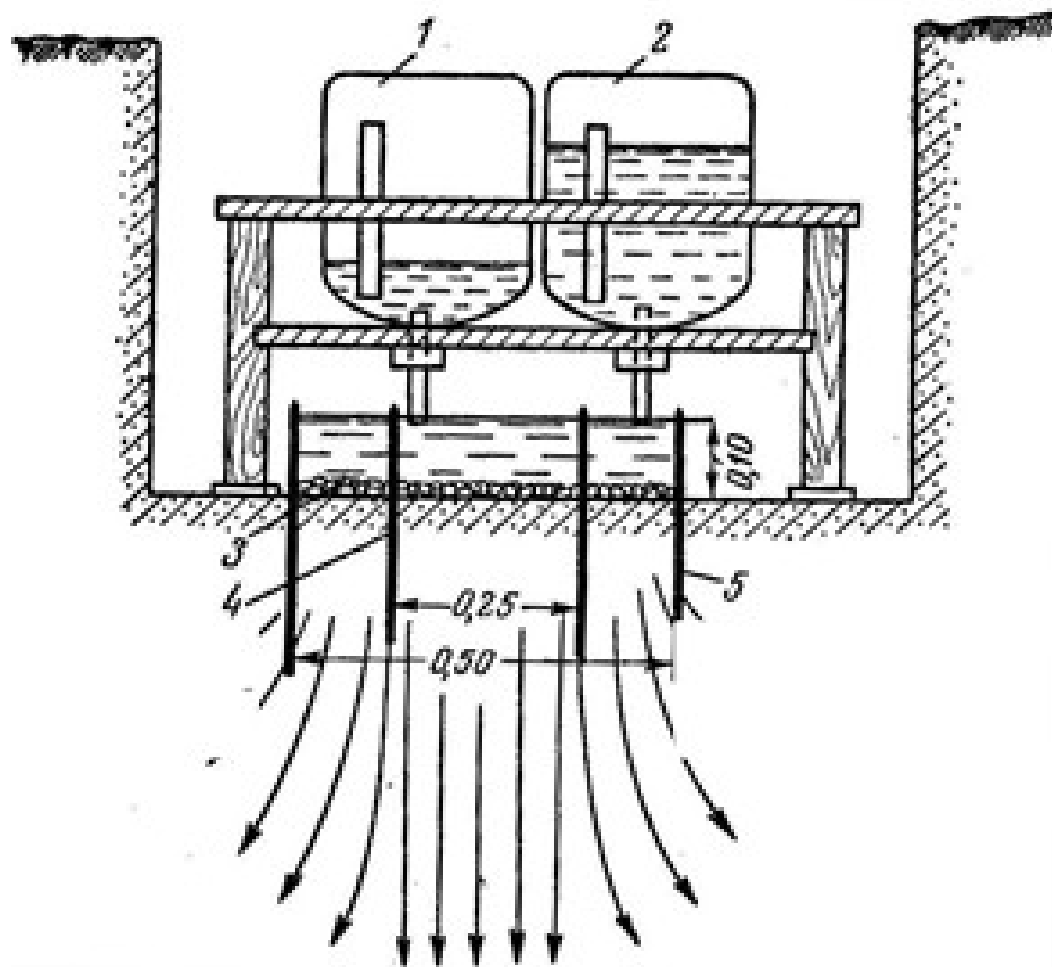


Рис. Установка для опытного налива в шурф по методу Нестерова

Вычисляется коэффициент фильтрации по формуле

$$K = \frac{Q}{\omega(R-z+H)}, \quad (5.46)$$

где Q - установившийся фильтрационный расход через внутреннее кольцо;

l - глубина просачивания воды;

z - слой воды в кольце;

ω - площадь поперечного сечения фильтрующейся воды.

По результатам опыта составляют сводный лист опытного налива в шурф.