

# **«Эксплуатационная разведка месторождений подземных вод»**

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

**Лекция 5  
Проф. М.Заппаров**

## **Лекция 5**

**Полевые опытно-фильтрационные работы. Откачки, их виды, определяемые показатели, выбор вида откачки, выбор схемы опытного куста и его положение на местности, характер и степень возмущения пласта (на какое понижение, количество ступеней понижения и т.п.), продолжительность откачки, последовательность осуществления операций при откачке.**

**Обоснование конструктивных особенностей скважин в кусте, обоснование способов контроля за дебитом, понижением, температурой и качеством подземных вод, обоснование способа отведения воды от опытной скважины.**

**При проведении поисково-разведочных работ определение гидрогеологических параметров водоносных пород является одной из главных задач, без решения которой невозможны количественные оценки, расчеты и прогнозы в связи с хозяйственным освоением подземных вод.**

**Для оценки фильтрационных свойств и водообильности горных пород применяются следующие методы:**

- полевые опытно-фильтрационные работы;**
- по данным режимных наблюдений за подземными водами;**
- лабораторные исследования;**
- геофизические методы;**
- методы моделирования.**

**Каждый из этих методов характеризуется различной степенью надежности получаемых результатов и применяется зачастую комплексно, дополняя друг друга. Все эти методы имеют свою определенную специфику проведения и неоднозначны по своей значимости.**

**Преобладающим в практике гидрогеологических исследований являются **полевые опытно-фильтрационные работы.****

## **К полевым опытно-фильтрационным работам относятся:**

- откачки из скважин, шурфов, колодцев, горных выработок,
- наливы и нагнетания в скважины,
- наливы в шурфы,
- экспресс-методы (экспресс-откачка, экспресс-налив, опережающее опробование).

Степень достоверности получаемой информации о гидрогеологических параметрах у каждого из этих методов различная и зависит от правильности выбора метода получения результатов и других показателей.

**Откачки** из скважин, шурфов, колодцев, горных выработок являются преимущественными видами опытных работ при гидрогеологических исследованиях для организации водоснабжения, орошения, осушения и др.

Откачками опробуются, как правило, наиболее перспективные основные водоносные горизонты и при этом **определяются следующие показатели:**

- дебит и удельный дебит скважины;
- величина понижения уровня подземных вод в скважинах;
- рассчитывают коэффициент фильтрации;
- оценивают показатели и динамику развития депрессионной воронки;
- степень гидравлической взаимосвязи подземных и поверхностных вод;
- степень взаимосвязи между водоносными горизонтами;
- степень взаимодействия между собой возмущающих скважин и т.п.

**Наливы и нагнетания** используются при незначительной водоотдаче или водообильности водоносных пород, при определении этих свойств в ненасыщенных водой породах.

**Опытные нагнетания** проводятся обычно для определения фильтрационных свойств трещиноватых скальных и полускальных пород.

**Наливы в скважины** проводятся при изучении рыхлых отложений, а **наливы в шурфы** – в рыхлых и связных грунтах зоны аэрации.

**Экспресс-методы** необходимы для предварительной оценки фильтрационных свойств пород и предполагают использование для этого специального оборудования и оригинальной методики расчетов.

**Откачки** являются одним из основных видов опытно-фильтрационных работ, проводящихся с целью изучения гидрогеологических условий водоносных горизонтов и комплексов.

**Откачка - это способ принудительного отбора подземных вод из скважин, колодцев, шурфов, шахт и т.д., вызывающий деформацию естественного фильтрационного поля.**

Причем, чем интенсивней деформация фильтрационного поля напоров (уровней, скоростей), тем информативней результат.

Откачка, проводящаяся при самоизливе воды из скважины, называется **выпуском**.

Это наиболее надежный, но весьма дорогой метод получения информации (35 – 60 % от общих затрат на разведку).

Эффективность откачки зависит от правильного ее обоснования, проведения и интерпретации результатов.

**Методы проведения откачек** зависят от стадии гидрогеологических исследований, на которой они проводятся, назначения и природных условий объекта.

**Под понятием методика проведения откачек понимается:**

- выбор вида откачки;
- выбор схемы опытного куста и его положение на местности;
- характер и степень возмущения пласта (на какое понижение, количество ступеней понижения и т.п.);
- продолжительность откачки;
- последовательность осуществления операций при откачке;
- обоснование конструктивных особенностей скважин в кусте;
- обоснование способов контроля за дебитом, понижением, температурой и качеством подземных вод;
- обоснование способа отведения воды от опытной скважины.

**Пробные откачки** выполняются на всех стадиях исследований для получения сравнительной характеристики фильтрационных свойств пласта и предварительного определения возможности производительности скважин.

**Опытные одиночные откачки** проводятся для оценки фильтрационных свойств пласта и определения зависимости между дебитом и понижением.

**Опытные кустовые откачки** необходимы для оценки фильтрационных свойств пласта, гидрогеологических параметров и оценки граничных условий.

**Опытно-эксплуатационная откачка** проводится в сложных гидрогеологических условиях для определения опытным путем возможностей производительности водозабора и изменения качества подземных вод при эксплуатации.

**При проведении всех видов откачек рекомендуется следующее:**

- 1) откачки надо проводить с максимальным для данного насосного оборудования постоянным дебитом;**
- 2) снижение уровня в пределах опробуемого пласта должно быть не менее 3 - 5 м в опытных скважинах и не менее 0,3 – 0,5 м в наблюдательных;**
- 3) для получения искомых параметров, основанных на закономерностях квазистационарной фильтрации, откачка должна быть продолжительностью не менее 2 – 3 суток;**
- 4) по степени и характеру вскрытия опытные скважины должны быть по возможности совершенными;**
- 5) ближайшие наблюдательные скважины должны быть на расстоянии, превышающем мощность опробуемого пласта;**
- 6) для более точного определения параметров призабойной зоны желательно наличие затрубного пьезометра;**
- 7) необходимо наличие режимных скважин вне зоны влияния откачки.**

Откачки на несколько ступеней понижения осуществляются, начиная с меньшего понижения уровня (кроме трещиноватых пород и мелкозернистых песков).

Понижение должно быть не менее 1 – 2 м и в 2 – 3 раза меньше максимально возможного.

Частота замеров уровня определяется в зависимости от темпов его снижения и должна обеспечить представительный материал для дальнейших расчетов.

Обычно **частота замеров** в процессе откачки выглядит следующим образом:

- в первые 2 ч. - через 5 – 10 мин;
- в последующие 12 ч. - через 0,5 – 1,0 ч;
- далее до конца откачки - через 2 – 3.

В процессе восстановления уровня наблюдения ведутся:

- первые 15 – 20 мин. - через 1 – 2 мин;
- в течение 1 – 2 ч. - через 2 – 10 мин;
- затем через 1 ч. на весь период наблюдений.

**Продолжительность откачки** должна обеспечивать стабилизацию уровней во всех наблюдательных скважинах для условий стационарного режима фильтрационного потока или получения представительных для интерпретации участков графиков прослеживания уровня при неустановившемся режиме фильтрации.

Для напорных песчано-гравийно-галечных водоносных горизонтов рекомендуется длительность откачки от 5 до 10 сут., иногда - до 15 сут.

В безнапорных зернистых и трещиноватых водоносных горизонтах продолжительность кустовой откачки принимается 10 – 15 сут.

Откачки для определения взаимосвязи между подземными и поверхностными водами проводятся обычно не более 15 сут. и за это время, зачастую, наступает стабилизация уровня.

Как известно, **кустовые откачки проводятся:**

- для определения гидрогеологических параметров;
- для изучения и оценки граничных условий.

**Кусты для определения гидрогеологических параметров**

водоносного горизонта должны размещаться равномерно по изучаемой площади и подальше от возможных границ пласта.

Число наблюдательных скважин, их размещение и дебит опытной скважины должны предопределять их нахождение в зоне квазистационарного режима фильтрационного потока.

Лучи наблюдательных скважин должны быть ориентированы в направлении возможных изменений гидрогеологических условий:

- изменения трещиноватости;
- изменения фильтрационных свойств;
- изменения емкостных свойств;
- выявления границ пласта с постоянным напором или постоянным расходом.

**Число наблюдательных скважин** может быть от двух до десяти, что зависит от гидрогеологических условий и целей опыта.

При простых гидрогеологических условиях, к которым относятся однородные напорные водоносные горизонты в зернистых или равномерно трещиноватых породах, рекомендуется использование 2 – 3 - х наблюдательных скважин, расположенных на одном луче.

В сложных гидрогеологических условиях (неоднородные безнапорные водоносные горизонты в зернистых породах, напорные и безнапорные водоносные горизонты в трещиноватых и закарстованных породах и т.п.), рекомендуется организация двухлучевого куста с количеством скважин от трех до десяти. В каждом случае число наблюдательных скважин выбирается индивидуально в зависимости от сложности гидрогеологических условий.

При откачках, проводимых для **изучения и оценки граничных условий** пласта, задается по два луча: один параллельно границе, а другой перпендикулярно к ней. Число наблюдательных скважин может колебаться от четырех до шести.

При исследовании глубоких водоносных горизонтов необходимо ограничиваться минимальным количеством наблюдательных скважин (учитывая высокую стоимость бурения).

В каждом случае необходимо по возможности включение в наблюдательную сеть всех имеющихся скважин (поисковых, картировочных, разведочных), а при проектировании работ учитывать возможность такого использования парка скважин.

**Расстояние от опытной скважины до ближайшей наблюдательной** должно быть примерно равно мощности водоносного пласта.

При мощности пласта более 100 м - 0,7 мощности. Остальные наблюдательные скважины в кусте должны располагаться так, чтобы на графике площадного прослеживания точки замеров уровней располагались равномерно. Этому условию отвечает зависимость

$$r_{n+1} = \alpha \cdot r_n$$

где  $r_{n+1}$  и  $r_n$  - расстояния до наблюдательной скважины;  
- коэффициент для безнапорных вод, равный 1,5; для напорных – 2,5.

Расстояние от самых удаленных наблюдательных скважин до опытной не должно быть более 150 м для безнапорных вод и 1500 м - для напорных.

В литературных источниках на основании богатого опыта работ приводятся **рекомендации по размещению наблюдательных скважин** при проведении кустовой откачки (табл.).

Дебит опытной скважины должен обеспечивать при понижении уровня в центральной скважине на 3 – 4 м понижения на конец опытной откачки в самой удаленной наблюдательной скважине не менее 20 см. Выбор дебита скважин зависит от предполагаемой водопроницаемости пласта (Km). Практика показывает, что при водопроницаемости горизонта 50 – 500 м<sup>2</sup>/сут дебит опытной скважины должен быть равен 5 - 25 дм<sup>3</sup>/с, при водопроницаемости 500 – 1000 м<sup>2</sup>/сут. - 25 – 50 дм<sup>3</sup>/с, при водопроницаемости 1000 – 3000 м<sup>2</sup>/сут. – 50 – 150 дм<sup>3</sup>/с.

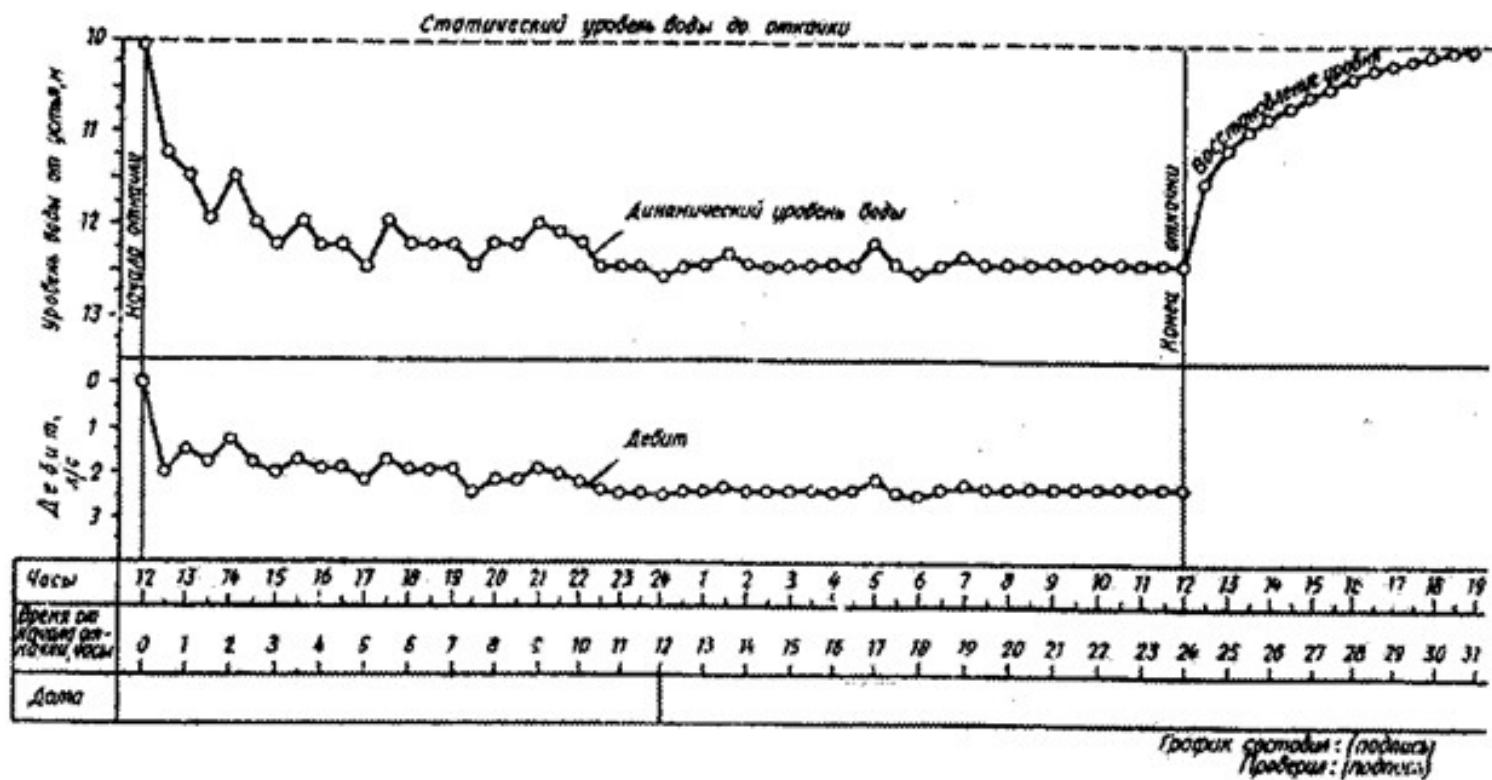
**Рекомендации по размещению первой и второй  
наблюдательных скважин в кустах (при продолжительности  
откачек 3 – 5 сут. для напорных и 5 – 10 сут. для безнапорных вод)**

| Водоносные горизонты                | Гидравлический<br>характер горизонта | Максимальное расстояние,<br>м            |                                             |
|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                                     |                                      | до первой<br>наблюдательно<br>й скважины | до второй<br>наблюдате<br>льной<br>скважины |
| Пески мелко- и средне-<br>зернистые | Напорные воды                        | 80                                       | 150                                         |
|                                     | Грунтовые воды                       | 10                                       | 15                                          |
| Пески крупнозернистые               | Напорные воды                        | 200                                      | 450                                         |
|                                     | Грунтовые воды                       | 15                                       | 30                                          |
| Гравийно-галечниковые<br>отложения  | Напорные воды                        | 200                                      | 450                                         |
|                                     | Грунтовые воды                       | 25                                       | 40                                          |
| Трещиноватые породы                 | Напорные воды                        | 80                                       | 150                                         |
|                                     | Грунтовые воды                       | 30                                       | 50                                          |

**В состав документации опытно-фильтрационных работ входят:**

- разработка расписания для регистрации уровней и дебитов (схема маршрутного обхода скважин, частота замеров);**
- регистрация уровней и дебитов в полевом журнале;**
- построение индикаторных графиков  $S = f(t)$   $Q = f(t)$  , (рис.),**

**а также  $S = f(\lg t)$   $S = f(\lg r)$   $S = f(\lg \frac{r^2}{t})$  .**



Примерный график колебания динамического уровня и дебита при откачке из одиночной скважины

**Под натурным исполнением проекта опытно-фильтрационных работ понимается:**

- перенесение на натуру всех запроектированных скважин;**
- бурение опытной и наблюдательных скважин;**
- оборудование устья скважин для наблюдений за уровнями и расходом воды;**
- строительство водовода для сброса воды.**

**Обработка результатов откачек** сводится к составлению сводного листа откачек и расчету параметров исследуемого водоносного горизонта. При этом необходимо учитывать возможные колебания естественного уровня подземных вод, что устанавливается по наблюдательным скважинам, расположенным вне зоны влияния откачек.

**На листе откачек приводятся следующие материалы:**

- схема расположения скважин опытного куста в масштабе 1:500 – 1:2 000, ситуация местности, направление подземного потока;
- геолого-технический разрез по скважинам опытного куста по каждому лучу (в масштабе 1:500 – 1:2 000 и по возможности без искажения масштаба). На разрезе показываются отметки поверхности земли, статического и динамического уровней подземных вод, кривых депрессии, интервал установки фильтра;
- сведения о технической характеристике фильтра, откаченного средства, оборудования для наблюдений за уровнями и дебитами;
- графики колебания уровня и дебита в процессе откачки (совмещенные). Наносятся все замеры уровней, включая наблюдения за естественным уровнем воды и за восстановлением уровня после откачки;
- графики временного, площадного и комбинированного прослеживания с указанием основных расчетных параметров (А, С) для определения фильтрационных свойств водоносных горизонтов и оценки влияния граничных условий на режим откачки;
- таблица основных данных откачки, где приводятся сведения о дате, времени и продолжительности откачки, величины понижения, дебита, результатах расчета коэффициента фильтрации и других параметров;
- таблица результатов определения химического состава и минерализации подземных вод с указанием типа воды и формулой Курлова.

**Пробные откачки** являются наиболее массовым видом опытных работ, которыми опробуются практически все гидрогеологические скважины. Эти откачки проводятся из поисковых, картировочных, наблюдательных и разведочных скважин для предварительной оценки фильтрационных свойств водовмещающих пород и качества подземных вод для получения сравнительной характеристики различных участков водоносных горизонтов.

**Пробные откачки** производятся на стадии поиска для предварительной оценки фильтрационных свойств и качества воды отдельных водоносных горизонтов для получения сравнительной характеристики различных участков распространения основных водоносных горизонтов с целью выбора площади разведочных работ.

При проведении разведки пробные откачки производятся для определения возможной производительности разведочно-эксплуатационных скважин – для уточнения фильтрационных свойств водоносных пластов по площади и в разрезе.

Если пробными откачками оцениваются различные интервалы разреза водоносного горизонта (комплекса), то они называются **интервальными**.

**Пробная откачка** производится из одиночной скважины с одним максимально возможным понижением уровня продолжительностью 1 – 2 сут. (помимо времени, затраченного на прокачку скважины). Продолжительность пробной откачки для каждой скважины определяется проектом работ.

**Опытные откачки** проводятся главным образом на этапе поисково - оценочных работ и разведки и являются основным видом гидрогеологических работ.

Цели проведения опытных откачек заключаются в определении основных гидрогеологических параметров водоносных горизонтов (коэффициентов фильтрации, водопроницаемости, пьезо- и уровнепроницаемости, водоотдачи, приведенного радиуса влияния, суммарного сопротивления русловых отложений), изучении граничных условий водоносных горизонтов в плане и разрезе, оценки взаимосвязи подземных и поверхностных вод, взаимодействия смежных водоносных горизонтов, установлении зависимости между дебитом и понижением уровня, определении оптимальной производительности эксплуатационных скважин, определении величин срезов уровня при совместной работе эксплуатационных скважин.

**Опытные откачки в зависимости от наличия или отсутствия наблюдательных скважин подразделяются на одиночные и кустовые.**

**Опытные одиночные откачки из скважины с одним понижением уровня проводятся только на стадии разведки из разведочных и разведочно-эксплуатационных скважин с целью установления максимально возможного, близкого по величине к проектному дебиту скважины, а также для изучения качества подземных вод и ориентировочной оценки коэффициента водопроницаемости (фильтрации) водоносного горизонта.**

**Опытные одиночные откачки из скважин с несколькими понижениями уровня необходимо проводить, когда дебит разведочно-эксплуатационных скважин при откачке существенно меньше проектного и необходимо установить зависимость между дебитом скважины и понижением уровня воды. Для получения кривой дебита в большинстве случаев достаточно двух понижений уровня и лишь в безнапорных трещинно-карстовых горизонтах необходимо три понижения уровня.**

Опытную одиночную откачку следует проводить **с постоянным расходом или с постоянным понижением уровня**. Во время откачки допускается отклонение дебита или понижение уровня от среднего не более чем на 10%.

**Продолжительность опытной одиночной откачки** из скважины, количество ступеней расхода, их последовательность в каждом конкретном случае определяются проектом работ, но продолжительность откачки на каждой ступени не должна превышать 2 – 7 сут. в зависимости от типа месторождения. Величина максимального понижения уровня должна составлять не менее 50 – 60 % от расчетного понижения уровня в скважине при эксплуатации.

**Откачку целесообразно начинать с большего понижения уровня, а переход на меньшее понижение уровня осуществляется после полного восстановления уровня, пониженного при первом понижении уровня. Продолжительность опытной одиночной откачки на наименьшем понижении уровня по сравнению с максимальным может быть несколько сокращен. Если водоносный горизонт представлен песками, то откачку следует начинать с наименьшего уровня.**

**Второе понижение уровня должно быть в 2 – 3 раза меньше максимально возможного, но не менее 1 м. Если при увеличении понижения уровня наблюдается увеличение удельного дебита, откачку на наименьшем понижении уровня следует повторить, предварительно добившись восстановления статического уровня.**

В процессе откачки замеры расхода и уровня воды проводятся первые 2 ч. – через 10 мин. и далее до конца откачки – через один час, замеры температуры воды и воздуха через два часа.

После остановки опыта необходимо провести **восстановление уровня воды в скважине**. Замеры уровня проводить со следующими интервалами: первые 15 мин. – через минуту, далее в течение часа – через 5 мин., затем – через час до полного восстановления уровня (последние 5 – 6 часов уровень подземных вод должен быть неизменным).

**Измерение расхода воды** объемным способом производится не менее 3-х раз. Разница в значениях времени, необходимого для наполнения емкости, не должна превышать 2 %. Для расчета расхода принимается среднее время по трем показателям секундомера.

Опытная одиночная откачка должна быть непрерывной, но если в процессе откачки имело место кратковременная остановка (1 – 2 ч.), то продолжительность откачки после остановки должна быть в 10 раз больше продолжительности остановки.

**Обоснование конструктивных особенностей скважин в кусте, обоснование способов контроля за дебитом, понижением, температурой и качеством подземных вод, обоснование способа отведения воды от опытной скважины.**

**Опытная кустовая откачка** – основной вид опытных работ при разведке месторождения подземных вод. Проводится для определения расчетных гидрогеологических параметров водоносных горизонтов (коэффициентов фильтрации, водопроницаемости, пьезо- и уровнепроницаемости, водоотдачи, перетекания, приведенного радиуса, суммарного сопротивления русловых отложений, опытное определение величин срезов уровня), изучения граничных условий водоносных горизонтов в плане и в разрезе (взаимосвязи поверхностных и подземных вод, взаимодействия смежных водоносных горизонтов и т. д.).

Разновидность опытной кустовой откачки – опытная групповая откачка, которая проводится из 2 – 3 центральных скважин, когда отбор воды из одной центральной скважины не может обеспечить необходимой точности расчетов в связи с незначительными абсолютными величинами понижений уровня из-за высокой водопроницаемости водоносного горизонта.

**Опытную кустовую (групповую) откачку осуществляют с одним максимально возможным понижением уровня.**

**При этом опытные кусты скважин необходимо располагать на участках будущего водозабора равномерно, чтобы получить полную характеристику по площади будущего водозабора и ближайших к ней участков водоносного горизонта. В тех случаях, когда кустовая откачка проводится для изучения граничных условий водоносных горизонтов, местоположение куста скважин определяется изучаемой границей.**

**При выборе местоположения опытного куста следует учитывать, что наилучшие результаты при определении гидрогеологических параметров дают откачки, в процессе проведения которых на опытные закономерности понижений уровня не накладывается влияние границ.**

**Влияние границы**, независимо от ее природы, считается малым в течение времени  $t > t_k$ , если дальняя наблюдательная скважина располагается от возмущающей на расстоянии  $r - 0,5l$  ( где  $l$  – расстояние до границы).

Если конфигурация границы известна детально, допустимо большее удаление наблюдательных скважин: в параллельном луче  $r = 0,6l$  во внутреннем луче  $r - 0,8l$ . Такое удаление позволяет использовать крайние наблюдательные скважины для определения гидрогеологических параметров способом площадного прослеживания.

**Выбор схемы опытного куста заключается в обосновании количества возмущающих и наблюдательных скважин и их взаимного расположения в плане и разрезе опробуемого участка.**

**Минимальное количество наблюдательных скважин в опытном кусте должно быть не менее трех. И только в достаточно однородных пластах можно ограничиваться двумя с использованием в дальнейшем для определения водопроводимости формулы Дюпюи. По мере увеличения сложности гидрогеологических условий возрастает количество наблюдательных скважин.**

**Рекомендуется следующее количество наблюдательных скважин: для однородных водоносных пластов 2 – 3, для неоднородных пластов 3 – 4, весьма неоднородных 4 – 10. При размещении скважин опытного куста необходимо придерживаться лучевой системы.**

**При большой глубине залегания водоносного горизонта (более 300 м) число специально разбуриваемых наблюдательных скважин сокращается за счет увеличения продолжительности откачки и вовлечения в сферу развития депрессии более удаленных разведочных скважин.**

**В зависимости от гидрогеологических условий проектируются одно-, двух- и трехлучевые кусты. Однолучевые кусты проектируются в относительно однородных пластах на удалении от границ; двухлучевые кусты - в анизотропных пластах, где один луч ориентируется параллельно границе, другой - нормально к ней. Если влияние границы нежелательно, нормальный луч задается в направлении от неё (луч внутренний), при необходимости информации о границе - в направлении к ней (луч встречный).**

**Трехлучевые кусты задаются в неоднородных пластах со сложными границами.**

**Положение наблюдательных скважин относительно центральных на разных лучах должно различаться. Расстояние от возмущающей до соответствующей наблюдательной скважины ( $r_n$ ) определяется по формуле**

$$r_n = r_1 + n - 1 \quad ,$$

**где  $a$  – коэффициент, принимаемый для безнапорных горизонтов равным 1,5; для напорных – 2,5;  
 $n$  – порядковый номер наблюдательной скважины ( нумерация возрастает в направлении от возмущающей скважины, по одному лучу присваивают четные номера, по другому - нечетные, при однолучевом кусте - нечетные номера;  
 $r_1$  – расстояние до наблюдательной ближайшей скважины, определяемое из выражения  $r_1(0,7-1)^m$ , где  $m$  - мощность водоносного горизонта.**

**В приречной зоне для изучения взаимосвязи с рекой** задается опытный куст скважин в наиболее характерных пунктах разведваемого участка долины вдоль береговой линии. Возмущающая скважина размещается на расстоянии 25 – 40 м от меженного уреза воды в реке. Наблюдательные скважины располагаются по двум лучам (параллельный и перпендикулярный по отношению к береговой линии). Положение наблюдательных скважин на параллельном луче должно соответствовать требованиям, приведенным выше, причем расстояние от возмущающей скважины до дальней наблюдательной скважины не должно превышать расстояние от возмущающей скважины до реки. Первая наблюдательная скважина на перпендикулярном луче находится от возмущающей скважины на расстоянии, превышающем 0.7 мощности водоносного пласта, вторая располагается на урезе реки рядом с гидрометрическим постом. Если река узкая (менее 50 – 70 м) или отсутствует совершенная гидравлическая связь поверхностных и подземных вод, то на противоположном берегу бурится третья наблюдательная скважина.

**В опытных кустах, которые сооружаются для изучения условий взаимодействия водоносных горизонтов, наблюдательные скважины закладываются на все горизонты.**

**Наблюдательные скважины на смежные горизонты закладываются рядом с наблюдательными скважинами на опробуемый горизонт и одну из них, оборудованную на горизонт, из которого может происходить перетекание, следует располагать рядом с возмущающей скважиной.**

**При наличии водоупоров мощностью несколько десятков метров с коэффициентом фильтрации  $K < 10^{-4}$  м/сут. эффект перетекания ощутимо проявляется через длительный промежуток времени (более 10 суток).**

**В каждом конкретном случае продолжительность опыта для определения перетекания рассчитывается расчетным путем.**

**Количество возмущающих скважин** при опытной кустовой откачке определяется необходимостью получения расхода, способного обеспечить требуемое понижение уровня в удаленных наблюдательных скважинах и разницу между понижениями в соседних (составляет не менее 0,20 м).

Понижение уровня в возмущающей скважине должно быть не менее 3 – 4 м.

Возмущающие скважины располагаются компактно в вершине лучей наблюдательных скважин. Расстояние между возмущающими скважинами ( $a$ ) должно быть для безнапорных пластов  $a = 0,3r_1$ .

**В зависимости от строения водоносного горизонта опытные кустовые откачки должны проводиться **со следующими расходами:****

- дочетвертичные пески, слабые песчаники, некарстующие трещиноватые породы ( $Km = 50 - 500 \text{ м}^2/\text{сут}$ ;  $Q = 5 - 25 \text{ дм}^3/\text{с}$ );**
- четвертичные аллювиальные пески, аллювиально-пролювиальные песчано-гравийные отложения, сильно трещиноватые и трещинно-кавернозные пласты ( $Km = 500 - 1000 \text{ м}^2/\text{сут}$ ;  $Q = 25 - 50 \text{ дм}^3/\text{с}$ );**
- галечники с песчано-гравийным заполнителем, интенсивно трещиноватые и закарстованные пласты ( $Km = 1000 - 3000 \text{ м}^2/\text{сут}$ ;  $Q = 500 - 1500 \text{ дм}^3/\text{с}$  и более).**

**Перед началом опытной кустовой откачки необходимо провести нивелировку всех скважин с целью приведения их к одной плоскости сравнения и промерить расстояние от центральной скважины до оси каждой из наблюдательной, составить план их расположения в масштабе 1:100.**

**Опытную кустовую откачку следует проводить с постоянным дебитом. Во время откачки допускается отклонение дебита от среднего не более чем на 10 %.**

**При проведении опытных кустовых откачек в условиях стационарного режима их продолжительность должна быть такой, чтобы время стабилизации уровня при постоянном расходе составляло не менее одной трети от общей продолжительности опыта. Под стационарным режимом подразумевается отсутствие изменений расхода и уровня во времени.**

**В процессе опытной кустовой откачки и восстановления уровня замеры расхода и уровня воды в скважинах осуществляются со следующими интервалами: первые 15 мин. – через минуту, далее в течение часа – через 5 мин., затем – через час.**

**В течение первого часа откачки и восстановления уровня на всех скважинах опытного куста должны находиться наблюдатели и производить одновременные замеры по единому сигналу. После первого часа в процессе откачки и восстановления уровня наблюдателей должно быть такое количество, чтобы они выполняли все замеры в течение 0,5 часа.**

**Измерения расхода воды необходимо производить не менее 3-х раз. Разница в значениях времени, необходимого для наполнения мерной емкости, не должна превышать 2 %. Для расчета расхода принимается среднее время по трем показаниям секундомера.**

**В процессе опытной кустовой откачки и восстановления уровня необходимо строить график зависимости дебита и понижения уровня в возмущающих и наблюдательных скважинах от времени откачки и графики прослеживания  $S = f(\lg t)$ ,  $S = f(\lg(t/r^2))$ ,  $S = f(\lg r)$ . Только после получения на этих графиках необходимых асимптотических участков либо достижения стабилизации откачка может быть прекращена.**

**В журнале опытной кустовой откачки необходимо отмечать цвет воды и примесей в ней, причину и продолжительность остановки опыта, сведения о пробах воды.**

**Опытно-эксплуатационная откачка** проводится при разведочных работах в следующих случаях:

- в сложных гидрохимических условиях при наличии опасности подтягивания некондиционных вод в вертикальном разрезе или в случае расположения водозабора в непосредственной близости (несколько сотен метров) от контура распространения привлекаемых некондиционных вод;
- из одной или группы скважин на месторождениях подземных вод третьей группы в сложных гидрогеологических и гидрохимических условиях, которые не могут быть отображены в виде расчетной схемы.

**Целью опытно-эксплуатационной откачки** является установление закономерностей изменения уровней подземных вод или их качества при заданном водоотборе, т.е. условий длительной работы эксплуатационных скважин.

Опытно-эксплуатационная откачка позволяет оценить качество применяемой конструкции скважины и оборудования. При этом возмущающие разведочные и разведочно-эксплуатационные скважины располагаются в точках заложения будущих эксплуатационных скважин.

Расстояние между возмущающими скважинами выбирается с учетом возможности их взаимодействия, которое определяется при предварительном одиночном опробовании.

По линии водозабора наблюдательные скважины должны располагаться возле каждой возмущающей скважины и между ними. В сторону выявленных и предполагаемых границ участка располагаются лучи из 2 – 4 наблюдательных скважин.

**При наличии в кровле опробуемого пласта обводненных или слабопроницаемых отложений на них также оборудуются 2 – 3 наблюдательные скважины.**

**Если в процессе эксплуатации ожидается осушение того или иного обводненного интервала водоносного горизонта, то при опробовании скважины этот интервал должен быть перекрыт глухими трубами.**

**Расход опытно-эксплуатационной откачки подбирается близким к эксплуатационному, т.к. существенное превышение проектного дебита по сравнению с опытным может привести к изменению закономерностей снижения уровня.**

**Если выполнение этого условия связано с большими материальными затратами (необходимость опробования большого числа скважин), то расход опытно-эксплуатационной откачки должен быть не меньше 30 – 50 % от расхода будущего водозабора.**

**Опытно-эксплуатационная откачка проводится при постоянном расходе на одно понижение до полной стабилизации зависимости между расходом и понижением или до установления закономерности снижения уровня при постоянном расходе.**

**Продолжительность опытно-эксплуатационной откачки обычно составляет 1.0 – 3.0, редко 5 – 7 месяцев. При определении продолжительности опыта следует исходить из следующих основных требований:**

- во всех возмущающих и наблюдательных скважинах, кроме удаленных, должен быть достигнут квазистационарный режим изменения уровня;**
- квазистационарный режим должен быть достигнут с учетом взаимодействия всех возмущающих скважин. Это условие соблюдается при параллельности графиков изменения уровней во времени  $S = f(lgt)$  по всем скважинам в центральной зоне опытного куста;**
- в процессе кустовой откачки изменения уровня должны наблюдаться у границ питания и разгрузки опробуемого водоносного горизонта.**

**Прекращение длительной откачки** производится после того, как устойчивая работа скважины наблюдается в течение 10 – 20 сут. Опытнo-эксплуатационная откачка на участках с ограниченными естественными ресурсами проводится при двух ступенях возмущения, различающихся в 2 – 2,5 раза. Дебит при первой ступени откачки должен быть равен естественным ресурсам либо близок, либо превышать их, а саму откачку желательно проводить в период меженного стояния уровня подземных вод.

В процессе опытнo-эксплуатационной откачки и восстановления уровня замеры расхода и уровня воды в скважинах осуществляются со следующими интервалами: первые 15 мин. – через минуту, в течение первого часа – через 15 минут, затем первые 2 сут. – через час и далее через два часа.

В течение первого часа откачки и восстановления уровня на всех скважинах должны находиться наблюдатели и производить одновременные замеры по единому сигналу. После первого часа в процессе откачки и восстановления уровня наблюдений должно быть такое количество, чтобы они выполняли все замеры в течение 0,5 часа.

**В процессе опытно-эксплуатационной откачки и восстановления уровня необходимо строить график зависимости дебита и понижения уровня в возмущающих и наблюдательных скважинах от времени откачки и графики прослеживания  $S = f(lgt)$ ,  $S = f(lg(t/r^2))$  и  $S = f(lgr)$ . Только после получения на этих графиках необходимых асимптотических участков, либо достижения стабилизации откачка может быть прекращена.**

**В журнале опытно-эксплуатационной откачки необходимо отмечать цвет воды и примеси в ней, причины и продолжительность остановки опыта, сведения о пробах воды.**