

«Эксплуатационная разведка месторождений подземных вод»

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

**Лекция 4
Проф. М.Заппаров**

Лекция 4

Технические средства, применяемые при гидрогеологических исследованиях. Водоподъемное оборудование для проведения откачек. Конструкции и расчет эрлифта. Оборудование для проведения нагнетаний и наливов. Приборы для замеров уровней, температуры, дебита подземных вод. Оборудование для изоляции водоносных горизонтов. Приборы и оборудование для гидрогеологического опробования скважин.

Изучение режима подземных вод. Факторы, влияющие на режим подземных вод. Естественный, нарушенный и смешанный режимы подземных вод. Особенности проведения режимных наблюдений в различных условиях. Наблюдательная сеть. Требования к оборудованию водопунктов.

К техническим средствам, применяемым при поисково-разведочных работах, относятся:

- водоподъемное оборудование для проведения откачек;**
- оборудование для проведения нагнетаний и наливов;**
- приборы для замера уровней, температуры, дебита подземных вод;**
- комплекты оборудования для изоляции водоносных горизонтов;**
- приборы и оборудование для гидрогеологического опробования скважин.**

Водоподъемное оборудование, используемое для проведения откачек воды из скважин.

Горизонтальные центробежные насосы применяются при положении динамического уровня в скважине не глубже 7 м. Диаметры скважин 89 – 250 мм и выше. Подача воды от 0,7 до 360 м³/час. Использование таких насосов ограничено незначительными динамическими уровнями при откачке.

Эрлифты - наиболее часто встречающееся откачное оборудование особенно при пескующих скважинах. Подъем воды на 60 – 80 и более метров осуществляется воздухом, нагнетаемым в воду по воздухопроводной трубе при помощи компрессора. Эмульсия из смеси воды и воздуха меньшей по сравнению с водой плотности поднимается по водоподъемной колонне. Глубина погружения воздухопроводной трубы эрлифта определяется по формуле

$$l = K \cdot h,$$

где l - глубина погружения воздухопроводной трубы, м;

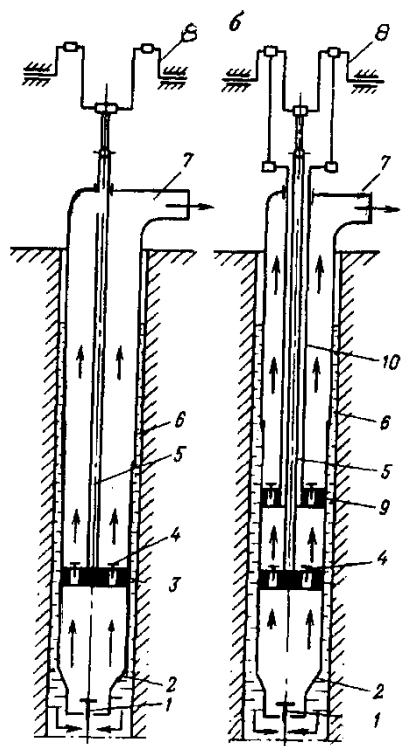
K - коэффициент, равный отношению глубины погружения смесителя к высоте подъема воды (1,9 – 3,0);

h - расстояние от динамического уровня до точки излива эмульсии, м.

Для наблюдения за положением уровня воды в скважине при откачке эрлифтом целесообразно устанавливать пьезометр, нижний конец которого необходимо опустить на 8 – 10 м ниже самого смесителя.

Для подачи мутной воды из скважины применяются **вибрационные водоподъемники**, действующие по принципу сообщения столбу воды в скважине ускорения, большего, чем $9,8 \text{ м/с}$, и **водоструйные установки**, в основу которых положен принцип непосредственной передачи энергии от одного потока с большим запасом энергии к другому - с меньшим запасом.

При больших динамических уровнях и малой производительности скважин применяются **штанговые поршневые насосы**.



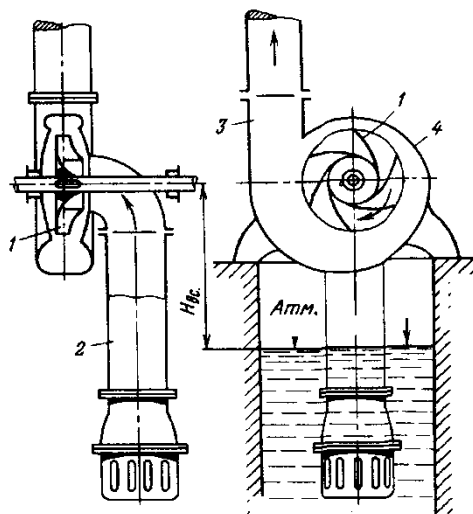
Откачка воды из скважин часто осуществляется вертикальными насосами. **Артезианские насосы с вертикальным валом типа АТН и НА** применяются обычно в неглубоких скважинах строго вертикальной конструкции. Достоинство насосов этого типа заключается в том, что их электрическая часть (электродвигатель) находится на поверхности, недостаток – критичен к конструкции скважины, лучше работает при неглубоком залегании уровней. Подача воды зависит от количества колес насоса и может достигать 70 – 186 м³/час.

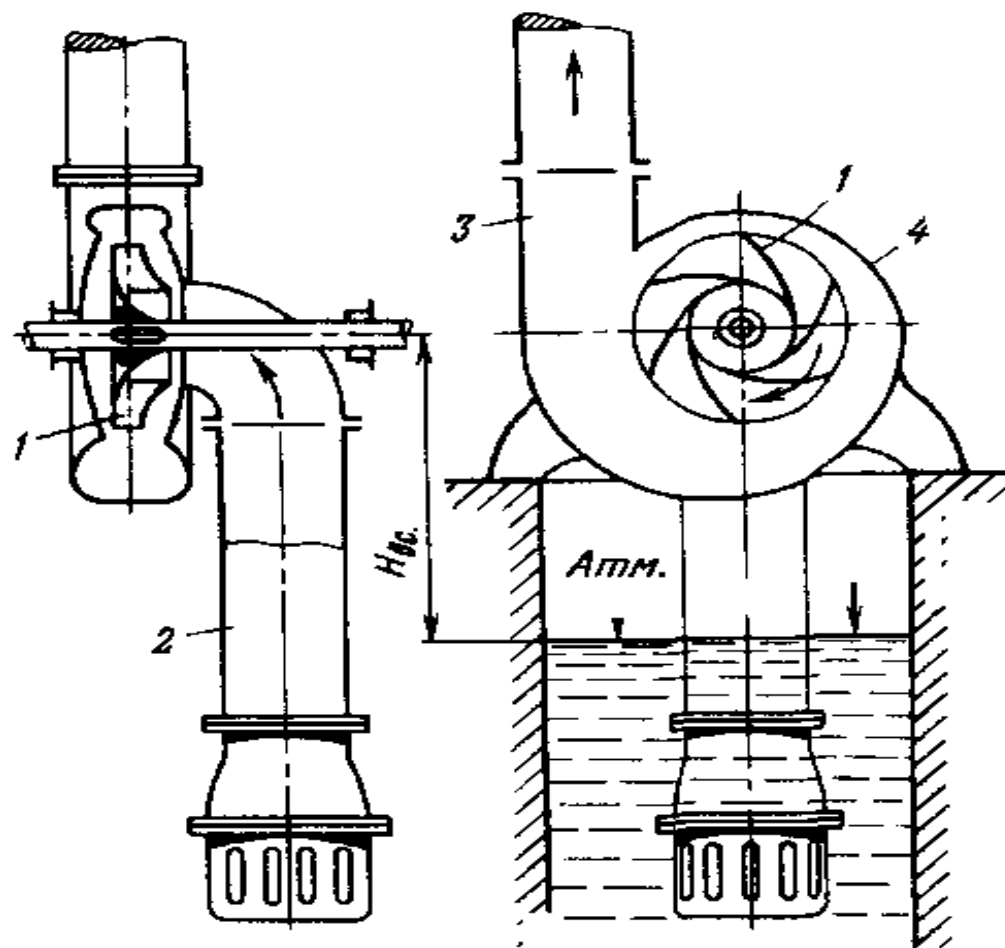
Артезианские погружные насосы типа ЭЦВ устанавливаются в скважину с погружением электродвигателя под динамический уровень и пригодны только для откачки осветленной воды. Для подачи электроэнергии при откачке такими насосами используются передвижные электростанции.

Центробежные насосы с горизонтальной осью.

Центробежные насосы с горизонтальной осью монтируют на поверхности и применяют при откачке воды, если ее динамический уровень не снижается более 6 – 7 м от уровня излива.

Центробежные насосы всасывают и нагнетают воду за счет центробежной силы, возникающей при вращении рабочего колеса 1 (рис.). Перед пуском насос заполняют водой. При быстром вращении колеса вода под действием центробежной силы отбрасывается к периферии в спиральный диффузор 4, из которого она отводится по нагнетательному патрубку 3. Непрерывность подачи воды обеспечивается за счет ее всасывания по патрубку 2 в результате разрежения, возникающего в центральной зоне рабочего колеса. Наибольшее распространение при откачках получили одноступенчатые центробежные насосы типа К, обеспечивающие подачу 4 – 360 м³/ч при напоре 8 – 95 м вод.





Наибольшее распространение получили насосы ЭЦВ, которые предназначены для откачки чистой воды общей минерализацией до 1500 мг/л с содержанием механических примесей не более 0,01 %. Подача насосов 4 – 375 м³/ч, напор 50 – 300 м вод. ст.

Основная рабочая характеристика указана в самом названии насоса.

Например, марка насоса 3ЭЦВ6-10-80 означает:

3 – третья модификация;

Э – с приводом от погружного электродвигателя;

Ц – центробежный;

В – для подачи воды;

6 – минимально допустимый для монтажа насоса диаметр скважины в мм, уменьшенный в 25 раз и округленный;

10 – подача в м³/ч;

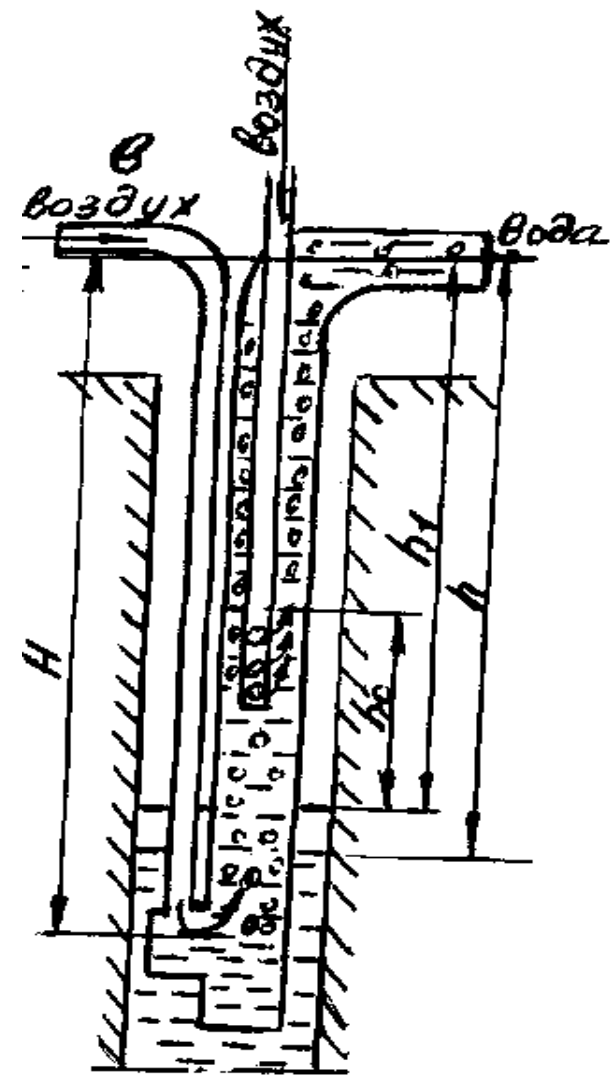
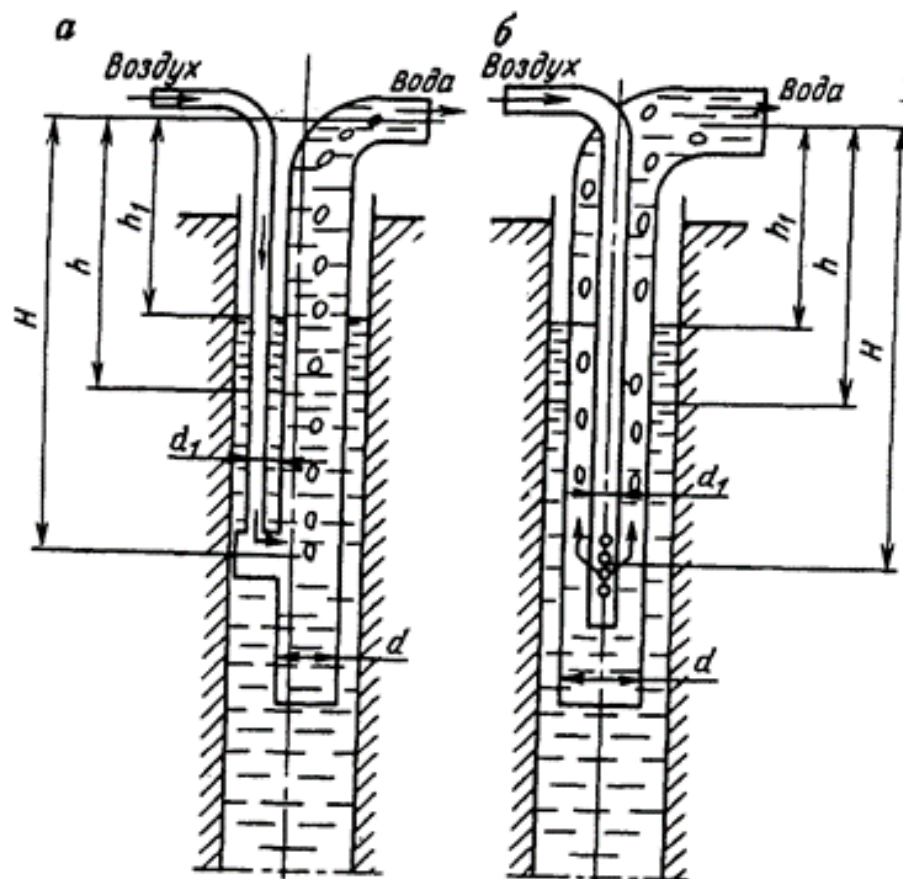
80 – напор в м вод. ст.

Промышленность выпускает насосы ЭЦВ следующих марок:
ЭЦВ-4-125; ЭЦВ-6,3-80; 1ЭЦВ-4-130; 1ЭЦВ6-4-190; 3ЭЦВ-6,3-60;
4ЭЦВ6-6.3-85; 3ЭЦВ6-6,3-125; 3ЭЦВ-6,3-125; 1ЭЦВ6-10-50;
3ЭЦВ6-10-80; 1ЭЦВ6-10-110; 1ЭЦВ6-10-140; 1ЭЦВ6-10-185; ЭЦВ6-
10-235; 3ЭЦВ6-16-50; 3ЭЦВ-16-75; ЭЦВ6-25-140ХТрГ; 3ЭЦВ8-16-
140; 3ЭЦВ8-25-100; 2ЭЦВ8-25-150; ЭЦВ8-25-300; 1ЭЦВ8-40-60;
1ЭЦВ8-40-20; ЭЦВ-40-180; 2ЭЦВ10-63-65; 2ЭЦВ10-63-110;
2ЭЦВ10-63-150; 1 ЭЦВ 10-63-180; 1ЭЦВ10-63-270; 1ЭЦВ10-120-60;
ЭЦВ-160-15Г; ЭЦВ10-160-35Г; ЭЦВ12-160-65; 1ЭЦВ12-160-65;
1ЭЦВ12-160-100; 1ЭЦВ12-255-3ОГ; 2ЭЦВ12-375-3ОГ; ЭЦВ12-375-
3ОХТр; ЭЦВ14-210-3ООХ; ЭЦВ16-375-175Х. Для насосов,
работающих в химически активной воде, в условиях
повышенной температуры или на воде с повышенным
содержанием механических примесей, в условное обозначение
соответственно добавляются буквы Х, Тр или Г.

Эрлифты широко применяются при проведении прокачек (предварительная откачка с целью очистки воды от песка), пробных откачек, при бурении скважин с обратно-всасывающей промывкой.

Основное эксплуатационное преимущество эрлифтов – отсутствие при работе движущихся механизмов, что дает возможность откачивать воду с высоким содержанием песка.

Эрлифты имеют большую подачу (до 200 м³/ч) и поднимают воду на 60 – 70 м (при использовании компрессоров, рассчитанных на рабочее давление 0,6 – 0,7 МПа). Недостатки эрлифта – низкий к.п.д. (20 – 25 %) и необходимость значительного заглубления ниже динамического уровня воды h (рис.).



Принцип действия эрлифта основан на законе сообщающихся сосудов.

В скважину опущены две трубы: воздухопроводная диаметром d_1 и водоподъемная диаметром d . На практике применяют два основных варианта относительного расположения указанных колонн: параллельное – трубы расположены по схеме «рядом» (рис.) и концентричное – трубы расположены по схеме «внутри» (рис.).

При параллельном расположении воздухопроводная труба в нижней части соединяется с водоподъемной с помощью смесителя. Последний перфорирован для прохода сжатого воздуха в водоподъемную колонну. При концентричном расположении труб роль смесителя выполняет нижняя часть эрлифта в месте перфорации, выполненной в воздухопроводной колонне. Функцию сообщающихся сосудов выполняет водоподъемная колонна и скважина, которая при вскрытии водоносного пласта заполняется водой до статического уровня h_1 .

Работа эрлифта происходит следующим образом.

Сжатый воздух от компрессора подается в воздухопроводную трубу и, проходя через перфорированные отверстия смесителя, который находится на глубине H , смешивается с водой, имеющейся в водоподъемной колонне. До подачи сжатого воздуха в колонну первоначальный уровень воды в ней равен статическому h_1 . При насыщении воды пузырьками воздуха ее плотность уменьшается, а уровень жидкости в водоподъемной колонне повышается вплоть до излива из скважины

Наиболее часто применяется схема эрлифта с концентрическим расположением труб, как более простая при монтаже.

При необходимости подъема воды из скважин с низким динамическим уровнем (до 100 – 120 м) используются спаренные эрлифты (рис.), выполненные по смешанной схеме: в водоподъемную колонну эрлифта, выполненного по схеме «рядом», опускается вторая колонна воздухопроводных труб. Воздух, поступающий из смесителя последней, дополнительно снижает плотность поднятой на определенную высоту воды h_0 в результате работы эрлифта, выполненного по схеме «рядом». В результате уровень воды в скважине вновь повышается вплоть до излива из скважины. Другой путь повышения напора эрлифта – применение для его привода компрессоров высокого давления и производительности.

Для работы эрлифта важное значение имеет **коэффициент погружения его смесителя $k = H/h$** . При использовании компрессоров с рабочим давлением 0,6 – 0,7 МПа величина $k \leq 3,5$. Чем больше k , тем эффективнее работает эрлифт.

Расчет эрлифта проводится при заданных величинах коэффициента смесителя K , статического h_1 и динамического h_2 уровней и дебита воды Q . Целью расчета является определение следующих параметров: поперечные размеры водоподъемной и воздухопроводной колонн, необходимая производительность компрессора и мощность его привода, коэффициент полезного действия эрлифта.

Изучение режима подземных вод. Факторы, влияющие на режим подземных вод. Естественный, нарушенный и смешанный режимы подземных вод. Особенности проведения режимных наблюдений в различных условиях. Наблюдательная сеть. Требования к оборудованию водопунктов.

Под режимом подземных вод понимается процесс, характеризующийся изменением уровня, расхода, гидравлического уклона, скорости, температуры, вязкости, химического, газового и бактериологического состава во времени и пространстве.

Изучение режима подземных вод позволяет количественно охарактеризовать процесс формирования подземных вод, дать прогноз изменения гидрогеологических условий в естественных условиях, а также при нарушении этих условий хозяйственной деятельностью человека.

В зависимости от характера, определяющего режим явлений, различают естественный, нарушенный и смешанный режимы.

Естественный режим подземных вод формируется под влиянием комплекса естественных природных факторов, которыми являются:

- геологические;
- климатические;
- гидрогеологические;
- биолого-почвенные и др.

Нарушенный режим подземных вод формируется под влиянием искусственно созданных факторов, таких, как:

- откачки подземных вод для водоснабжения или орошения;
- осушение месторождений полезных ископаемых;
- мелиорация сельскохозяйственных земель и пр.

Смешанный режим подземных вод обусловлен искусственным воздействием на режимообразующие факторы при сохранении основных закономерностей естественного режима.

Региональные **исследования режима подземных вод** направлены на влияние общих региональных закономерностей режима (в основном под влиянием естественных факторов).

Локальные исследования ставят своей целью изучение особенностей режима под влиянием местных факторов (литология, режим рек и водоемов, инженерная деятельность и пр.).

Изучение режима подземных вод дает возможность определить следующие показатели:

- связи и зависимости природных и искусственных режимообразующих факторов;
- элементы водного баланса для обоснования водохозяйственных мероприятий;
- характер и степень влияния инженерной деятельности человека на подземные воды.

Под балансом подземных вод понимается соотношение между их поступлением (приходная часть) и расходом (расходная часть) в количественном выражении на той или иной площади за определенный период времени.

Изучение элементов водного баланса, выявление основных показателей создает основу для научного познания и управления режимом подземных вод.

Изучение режима и баланса подземных вод необходимо в целях обеспечения решения различных задач:

- закономерностей изменения режима для определения фона, на котором развивается нарушенный режим подземных вод;
- выявления граничных условий пласта;
- определения фильтрационных свойств пород.

Режимные и балансовые исследования проводятся для решения многих практических вопросов.

При интенсивной эксплуатации подземных вод вопросы режима изучаются для следующих основных целей:

- выявления эксплуатационных запасов подземных вод;**
- уточнения границ пласта в плане и разрезе;**
- прогноза и управления режимом;**
- уточнения расчетных параметров;**
- переоценки запасов подземных вод с учетом многолетних данных о колебаниях уровней;**
- контроль за эффективностью мероприятий по охране подземных вод.**

В орошаемых районах режимные наблюдения осуществляются для решения следующих вопросов:

- обоснования мероприятий по борьбе с засолением и заболачиванием массивов орошения;
- оценки особенностей естественного и нарушенного режима и режимообразующие факторы;
- оценки элементов баланса подземных вод;
- составления прогноза подземных вод;
- разработки рекомендаций по регулированию водным и солевым балансом территории.

Изучение режима подземных вод в районе шахтных и карьерных полей необходимо:

- для установления связей между элементами режима шахтных вод и обуславливающими их искусственными и естественными факторами;
- прогноза формирования водопритоков в пределах данного месторождения и на вновь разведываемых месторождениях;
- прогноза развития и формирования депрессионной воронки в зависимости от совокупности факторов;
- прогноза изменения качества и величины водопритока шахтных вод в результате водоотливных мероприятий;
- прогноза изменения гидрогеологических условий в районе расположения горных выработок.

В районах строительства водохранилищ и каналов изучение режима необходимо:

- для предупреждения заболачивания территории, подпора и пр.;
- прогноза изменений условий водоснабжения, мелиоративного состояния земель и пр.

Изучение режима минеральных и теплоэнергетических вод необходимо:

- для прогноза изменения дебита, физических свойств, химического и газового состава;
- охраны подземных вод от истощения;
- прогноза изменения бальнеологических или температурных свойств.

В районах крупных городов режим подземных вод изучается для получения необходимой информации о подземных водах, используемой при проектировании и эксплуатации инженерных сооружений.

При изучении режима подземных вод с целью охраны их от загрязнения решаются следующие задачи:

- обнаружение очагов загрязнения;
- определение элементов потока подземных вод;
- прогноза процессов загрязнения подземных вод.

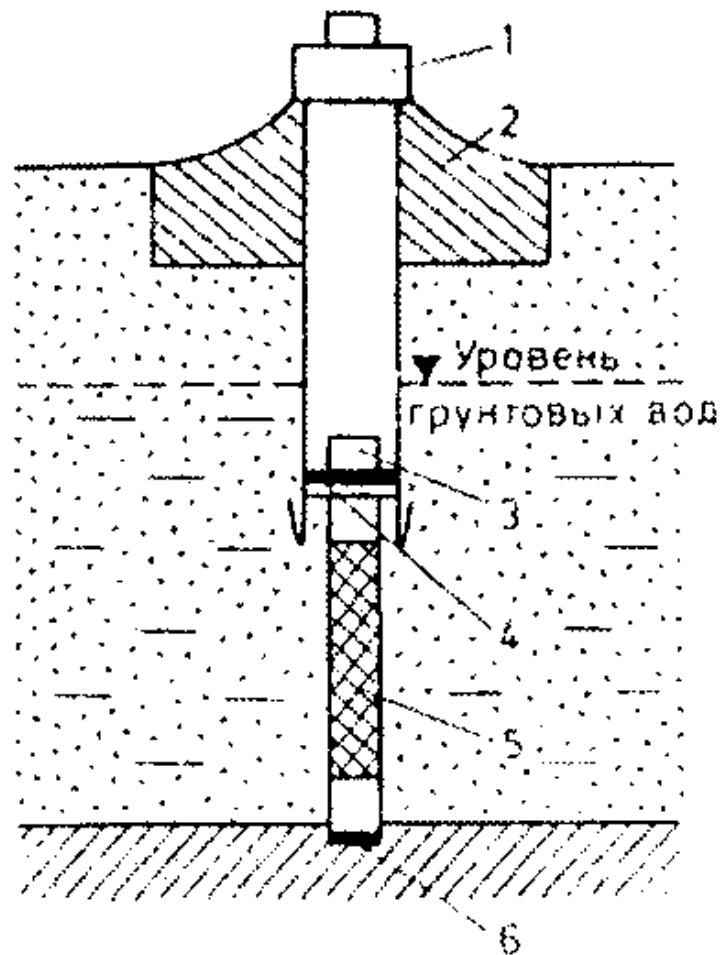
Основной целью режимных (стационарных) наблюдений является изучение изменения уровня и качества подземных вод в течение времени и выявление связи этих изменений с режимообразующими факторами. Изучаются как грунтовые, так и напорные воды.

Наибольшим многообразием изменения режима отличаются грунтовые воды.

При проведении режимных наблюдений должны быть получены данные как о характере внутригодовых (сезонных), так и многолетних колебаний основных элементов режима подземных вод (уровней, температуры, химического состава и пр.).

Наблюдения за режимом осуществляются по **специальной сети наблюдательных пунктов:**

- скважины (рис.);
- источники;
- шурфы;
- колодцы.



Оборудование скважины при режимных наблюдениях за колебаниями уровня грунтовых вод:

1 – заглушка; 2 – насыпь; 3 – муфта; 4 – сальник; 5 – фильтр; 6 – пробка

К оборудованию этих водопунктов предъявляются определенные требования, главные из которых:

- исключение загрязнения;**
- исключение попадания атмосферных осадков;**
- изоляция точки наблюдения от других объектов;**
- возможности отбора проб воды;**
- возможности замера температуры, дебита, уровней;**
- специальное оборудование в зимнее время и пр.**

Наблюдательные пункты образуют опорную Государственную сеть и сеть специального назначения, оборудованную водопользователями на участках интенсивного освоения территории.