

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ СОЮЗУГЛЕГЕОЛОГИЯ
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИИ

ИНСТРУКЦИЯ

**по проведению опытно-фильтрационных работ
при разведке угольных месторождений**

Ленинград
1977

**МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ СОЮЗУГЛЕГЕОЛОГИЯ
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИИМИ**

**Утверждено
Всесоюзным объединением
Союзуглегеология
31 декабря 1976 г.**

**ИНСТРУКЦИЯ
по проведению опытно-фильтрационных работ
при разведке угольных месторождений**

**Ленинград
1977**

Инструкция по проведению опытно-фильтрационных работ при разведке угольных месторождений. Л., 1977, с. 38 (М-во угольной пром-сти СССР. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т горн. геомех. и маркшейд. дела)

Подготовлена лабораторией оползней и гидрогеологии ВНИМИ на основе обобщения передового опыта геологоразведочных организаций угольной и других отраслей промышленности, а также результатов теоретических исследований закономерностей движения подземных вод.

В Инструкции регламентируется методика подготовки, проведения и обработки результатов опытных откачек - основного вида опытно-фильтрационных работ. Даны основные положения методики и техники проведения опытных нагнетаний и наливов в скважины, наливов в шурфы, расходомерии скважин, опережающего опробования и опробования испытателями пластов.

Инструкция предназначена для использования геологическими организациями Всесоюзного объединения Союзуглегеология.

Ил. 1, табл. 3.

© Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ), 1977.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. 1. Гидрогеологические опытные работы при разведке угольных месторождений имеют целью:

1) определить фильтрационные и емкостные параметры водоносных горизонтов, выделенных в геологическом разрезе месторождения;

2) изучить условия и источники питания водоносных горизонтов, а также характер и параметры их взаимосвязи;

3) оценить степень изменчивости фильтрационных свойств водоносных горизонтов в пределах площади их распространения и в первую очередь в границах предполагаемой зоны влияния осушения месторождения;

4) изучить гидрогеологическую роль различных геологических границ (разрывных тектонических нарушений, границ фациального замещения пород, участков выхода водоносных горизонтов на дневную поверхность, или под покровные отложения и т. п.);

5) изучить фильтрационные свойства пород в зоне аэрации, в частности, оценить проницаемость покровных отложений;

6) оценить активную пористость водоносных пород для прогноза возможных действительных скоростей фильтрации подземных вод в период осушения месторождения;

7) оценить возможные изменения фильтрационных свойств водоносных горизонтов за счет различных технологических факторов в процессе эксплуатации месторождения;

8) оценить техническую эффективность водопонижающих скважин в условиях конкретного месторождения.

1. 2. Результаты гидрогеологических опытных работ используются при решении следующих инженерных задач, возникающих в процессе проектирования:

1) оценка возможных водопритоков в горные выработки;

2) оценка влияния подземных вод на устойчивость бортов разрезов и подземных горных выработок, на условия работы горно-транспортного оборудования и на качество полезного ископаемого;

3) обоснование проектов водопонижения и осушения карьерных и шахтных полей на различных стадиях освоения месторождений;

4) обоснование проектов отвода поверхностных водотоков, сооружений гидрозащиты, создания искусственных водоемов и гидроствалов и т. п. ;

5) обоснование проектов водоподавления и защиты отдельных горных выработок или участков от поступления подземных вод;

6) обоснование безопасных условий ведения горных работ под водными объектами (поверхностными водоемами и водотоками, мощными водоносными горизонтами, затопленными горными выработками и т. п.),

7) оценка гидрогеологических условий сооружения шахтных стволов для обоснования целесообразности применения специальных методов проходки,

8) прогноз возможных величин гидростатического давления на крепь горных выработок для расчета ее прочностных параметров;

9) изыскание источников и составление проектов бытового и технического водоснабжения;

10) прогноз возможных изменений режима подземных вод в связи с задачами охраны окружающей среды, а также поверхностных зданий и сооружений.

1.3. Сущность большинства гидрогеологических опытов заключается в создании возмущения в водоносном горизонте (т. е. в искусственном нарушении режима подземных вод) и прослеживании влияния этого возмущения по площади распространения водоносного горизонта во времени. В практике гидрогеологических исследований при разведке угольных месторождений применяются следующие виды опытных работ:

1) опытные откачки из специальных гидрогеологических скважин;

2) опытные нагнетания (наливы) в скважины;

3) наливы в шурфы;

4) специальные гидрогеологические опыты в скважинах с применением различных испытателей и опробователей пластов;

5) специальные гидрогеофизические опытные работы в скважинах (расходомерия, резистивиметрия, термометрия и т. п.).

Основным видом гидрогеологических опытных работ при разведке угольных месторождений являются опытные откачки, а для пород зоны аэрации — наливы в шурфы. Остальные из перечисленных выше видов опытных работ рассматриваются как вспомогательные; они приобретают самостоятельное значение лишь при невозможности проведения опытных откачек.

1.4. Целесообразность проведения того или иного вида гидрогеологических опытных работ определяется типом решаемой инженерной задачи с учетом конкретных гидрогеологических условий и стадии разведки месторождения. Некоторые ориентировочные рекомендации по выбору вида опытно-фильтрационных работ приведены в приложении 1.

1.5. Опытные откачки, по сравнению с другими видами опытно-фильтрационных работ, являются близкой моделью процесса осушения месторождения и потому наиболее надежным методом определения фильтрационных параметров. В зависимости от целевого назначения,

числа скважин, продолжительности опыта и объемов затрат различают откачки пробные, опытные (кустовые и одиночные) и опытно-эксплуатационные.

Пробные откачки проводятся из разведочных и разведочно-эксплуатационных скважин и рассматриваются как элемент технологического процесса проходки таких скважин по водоносным пластам. В результате их проведения устанавливается свободная (пьезометрическая) поверхности подземных вод и предварительно оценивается водообильность пород. По принципиальной схеме эксперимента к пробным откачкам примыкают одиночные опытные откачки, проводимые из специальных опытных скважин и имеющие несколько большую продолжительность.

Одиночные опытные и пробные откачки дают лишь ориентировочные сведения о фильтрационных свойствах локального участка пласта вблизи скважины. Поэтому их результаты следует использовать только для сравнительной качественной характеристики водоносных слоев на опробуемых участках (по степени водообильности пород, качеству подземных вод, возможной производительности скважин и т. д.).

Кустовая опытная откачка является основным методом определения исходных гидрогеологических параметров при разведке месторождений. Наличие наблюдательных скважин дает возможность исключить или свести к минимуму влияние осложняющих факторов, действующих вблизи центральной скважины, а в ряде случаев позволяет проследить влияние откачки на соседние водоносные горизонты или установить анизотропию фильтрационных свойств по площади распространения и мощности опробуемого горизонта. В пластах ограниченных размеров кустовые откачки большой продолжительности позволяют уточнить граничные условия.

В особо сложных гидрогеологических условиях на заключительных стадиях разведки месторождения проводится опытное водопонижение, выполняющее одновременно и эксплуатационные функции.

Все виды опытно-фильтрационных работ при разведке угольных месторождений должны сопровождаться выполнением комплекса гидрогеофизических исследований в гидрогеологических скважинах, включающего, как минимум, резистивиметрический каротаж во всех скважинах (опытных и наблюдательных) и расходомерию опытных (центральных) скважин (см. пп. 3.11-3.15). Попутные гидрогеофизические исследования при опытных откачках дают весьма ценный дополнительный материал о строении водоносной толщи. Опытные откачки, выполненные без комплекса гидрогеофизических работ, следует рассматривать как некондиционные.

1.6. Опытные нагнетания и наливы в скважины являются наиболее простыми видами опытно-фильтрационных работ, позволяющими проследить изменения проницаемости пород по глубине и оценить про-

ницаемость необводненных горных пород. Нагнетании, кроме того, используются для опробования слабообводненных горизонтов, в которых откачки оказываются малоэффективными вследствие незначительных дебитов скважин. Однако точность оценки фильтрационных параметров этими методами заметно меньше, чем у кустовых опытных откачек.

1. 7. Опытные наливывы в шурфы проводятся с целью выяснения фильтрационных свойств покровных отложений для последующей оценки возможных инфильтрационных потерь из поверхностных водоемов и водотоков, гидроотвалов и хвостохранилищ, а также интенсивности инфильтрационного питания водоносных горизонтов за счет атмосферных осадков и поверхностных вод.

1. 8. Для дифференцированного изучения водообильности и проницаемости слоистых водоносных толщ, наряду с опытными нагнетаниями, используется метод расходографии, базирующийся на построении графика изменения расхода потока по стволу скважины при наливыве или откачке. Использование расходографии в большинстве случаев позволяет отказаться от проведения поинтервальных откачек. При этом, наряду с существенным снижением затрат на опытные работы, значительно повышается достоверность получаемых сведений об изменении проницаемости пород по глубине.

1. 9. Предварительная оценка водообильности и фильтрационных свойств водоносных пород в процессе бурения разведочных и опытных скважин производится в результате опережающего опробования и опытов с испытателями пластов, относящихся к категории экспресс-методов. Опережающее опробование применяется в рыхлых песчаных породах, а опыты с испытателями пластов – в трещиноватых устойчивых породах. Главным преимуществом этих методов является возможность их применения при бурении скважин с глинистой промывкой и практически без предварительной подготовки скважин. Кроме того, они могут применяться на больших глубинах (до 1000 м и более), часто недоступных для других методов. Однако, из-за малой мощности возмущения, опережающее опробование и опыты с испытателями пластов следует проводить только в относительно слабообильных горизонтах.

2. МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТНЫХ ОТКАЧЕК

Т р е б о в а н и я к о б о р у д о в а н и ю и р а с п о л о ж е н и ю о п ы т н ы х с к в а ж и н п р и о т к а ч к е

2. 1. Результаты опытных откачек во многом определяются качеством подготовки опытных скважин, поэтому к технологии бурения и конструкции гидрогеологических скважин предъявляются повышенные требования, главными из которых являются:

- а) минимальные искажения структуры и фильтрационных свойств пород в прискважинной зоне;
- б) малые входные сопротивления фильтров;
- в) предотвращение возможности перетока воды по затрубному пространству скважин;
- г) строгое соответствие фактических интервалов установки фильтров намеченным интервалам опробования.

2. 2. Центральные скважины (по крайней мере в интервалах опробования) целесообразно бурить ударным способом или вращательным с обратной всасывающей промывкой чистой водой. При бурении наблюдательных скважин в интервалах установки фильтров в качестве промывочной жидкости следует также использовать чистую воду.

Фильтры опытных скважин выбирают из условия минимальной величины дополнительных гидравлических сопротивлений.

При опробовании водоносных толщ, сложенных песчано-глинистыми породами, наиболее приемлемы проволочные фильтры с гравийной обсыпкой. Следует по возможности отказаться от применения сетчатых фильтров особенно при одиночных откачках.

При опробовании водоносных горизонтов, приуроченных к трещиноватым породам, наилучшие результаты обеспечивают бесфильтровые скважины; для закрепления неустойчивых трещиноватых пород используются перфорированные трубы (с круглой или щелевой перфорацией).

2. 3. Центральная скважина должна быть, как правило, совершенной по степени вскрытия. Лишь в заведомо однородных изотропных пластах сравнительно большой мощности m (более 15–20 м) могут применяться несовершенные скважины, длина фильтров которых должна превышать величину $0,2 m$.

При суммарном опробовании слоистых толщ, состоящих из чередующихся хорошо и слабопроницаемых слоев, используются только совершенные по степени вскрытия центральные скважины и обяза-

тельно с гравийной обсыпкой фильтра на всю опробуемую мощность. Толщина гравийной обсыпки в центральной скважине во всех случаях должна быть не менее 10 см. Фильтровая колонна в опробуемом интервале должна быть отцентрирована в скважине для равномерного распределения гравия по затрубному пространству.

При изучении водоносных толщ большой мощности, которые по геологическим данным не удастся обоснованно расчленить на отдельные водоносные горизонты (например, толщ трещиноватых пород), следует по возможности отказываться от проведения поинтервальных откачек, по крайней мере, на стадии детальной разведки. Погрешности, обусловленные несовершенством скважин, в таких условиях могут привести к значительным искажениям конечных представлений о гидрогеологических условиях месторождения. Для дифференцированного изучения фильтрационных свойств в вертикальном разрезе таких толщ необходимо использовать расходометрический каротаж в совершенных скважинах при откачках или наливах (см. пп. 3.11-3.15).

При подрусовых откачках верхний край фильтра центральной скважины должен быть заглублен не менее чем на величину $\frac{l_0}{l_n \cdot l_0/r_0}$ где l_0 и r_0 - длина и радиус фильтра.

2. 4. Наблюдательные скважины обычно снабжаются фильтрами в той части водоносной толщи, на которую оборудована центральная скважина. При опробовании слоистых толщ наблюдательные скважины оборудуются фильтрами на всю опробуемую толщу. Только в заведомо однородных мощных пластах можно использовать несовершенные наблюдательные скважины (с длиной фильтра не менее 3 м, если они удалены от центральной скважины на расстояние, превышающее мощность пласта). При этом, если центральная скважина совершенна, то фильтр устанавливается в средней части водоносного горизонта; если используется несовершенная центральная скважина, то фильтры наблюдательных скважин устанавливаются в тех же интервалах, что и в центральной.

Использовать открытые наблюдательные пьезометры на слои слабопроницаемых глинистых пород не рекомендуется ввиду низкой точности результатов. Надежные замеры в таких породах могут дать лишь специальные датчики.

2. 5. Наблюдательные скважины располагаются в пределах той зоны депрессионной воронки, где ожидаемое понижение, определенное предварительными расчетами, превышает 30 см. Поэтому наиболее удаленные наблюдательные скважины целесообразно бурить после прокачки и наблюдения за восстановлением уровня в центральной скважине, что дает возможность оценить ожидаемые размеры депрессионной воронки.

При проведении кустовых испытаний для изучения граничных условий (взаимодействие поверхностных и подземных вод, а также раз-

личных зон неоднородности водоносных горизонтов) расположение наблюдательных скважин должно обеспечивать возможность наблюдения за напорами по обе стороны от изучаемой границы.

2. 6. Общее число наблюдательных скважин при кустовой откачке намечается в зависимости от граничных условий и степени фильтрационной однородности изучаемой толщи в плане и разрезе.

При опробовании заведомо однородных в плане и изолированных в разрезе водоносных горизонтов можно ограничиться проходкой двух-трех наблюдательных скважин, расположенных по одному лучу.

Для оценки параметров перетекания необходимо оборудовать наблюдательные скважины и на взаимодействующие горизонты. Их располагают рядом с наблюдательными скважинами на опробуемый горизонт.

При необходимости учета резко выраженной плановой неоднородности или фильтрационной анизотропии пород, а также при изучении границ пласта, опытный куст должен включать не менее шести наблюдательных скважин, расположенных по двум взаимно перпендикулярным лучам. При известном положении границ (или главных направлений анизотропии) один из этих лучей следует располагать параллельно границе (или по главному направлению анизотропии); рекомендуется соблюдать условия $r_1 < 1/3 L$ и $r_n < L$, где L - расстояние от центральной скважины до изучаемой границы; r_1 и r_n - расстояния до ближайшей и наиболее удаленной наблюдательных скважин.

При проведении мощных опытных и опытно-эксплуатационных откачек большой продолжительности в водоносных комплексах сложного строения (наличие тектонических зон, "окон", участков выклинивания и т. д.) число и расположение наблюдательных скважин выбирается таким образом, чтобы учесть специфичность условий на всех "особых" участках, попадающих в зону влияния откачки.

2. 7. Первую наблюдательную скважину в каждом луче (считая от центральной) целесообразно располагать на расстоянии r_1 , примерно равном мощности пласта; для водоносных пластов большой или неустановленной мощности рекомендуется принимать $r_1 \approx (0, 05-0, 1)R$, где R - радиус зоны, в пределах которой ожидаемые понижения уровня превышают 30 см. Каждая последующая наблюдательная скважина располагается на расстоянии в 2-3 раза большем, чем предыдущая. При этом все намеченные скважины должны размещаться в пределах зоны с радиусом R . Все скважины опытного куста должны иметь высотную и плановую привязку.

2. 8. До начала откачки скважины опытного куста (в том числе и наблюдательные) должны быть прокачаны. Прокачка центральной скважины должна проводиться с дебитом, равным или превышающим дебит намеченной откачки, с периодическими остановками насоса и иметь продолжительность не менее одних суток.

После прокачки скважин обязательно наблюдают за восстановлением уровней до естественного их положения.

Режим опытной откачки

2.9 Слытные откачки целесообразно проводить в режиме заданного дебита. Работа насоса должна быть непрерывной. В случае непредвиденных технических остановок следует провести полный цикл наблюдения за восстановлением уровня, а затем откачку повторить.

2.10 Производительность откачки выбирается с учетом предварительных данных о водообильности изучаемого горизонта, полученных на предшествующих этапах разведки месторождения и при прокачке скважин опытного куста. Диапазон целесообразных значений дебита снизу ограничивается величиной, при которой понижение в центральной скважине измеряется, как минимум, несколькими метрами. Верхний предел этого диапазона определяется из условия постоянства расхода, что выполняется лишь в тех случаях, когда понижение уровня в центральной скважине к концу откачки меньше естественного напора, отсчитанного от подошвы водоносного горизонта. Если указанный диапазон для конкретных условий оказывается слишком широким, то лучше принимать по возможности большие значения дебита.

Для ориентировочных оценок необходимой величины дебита рекомендуется график, приведенный в приложении 2.

2.11 Необходимая продолжительность опытных откачек зависит от их целевого назначения и гидрогеологических условий на участке эксперимента и не может подлежать жесткой регламентации. При обосновании продолжительности опытной откачки должны учитываться следующие требования:

а) продолжительность откачек, проводимых вблизи контуров обеспечения питания, должна быть достаточной для достижения установившегося режима фильтрации,

б) общая продолжительность откачки $t_{\text{общ}}$ при кустовых откачках в неограниченных в плане водоносных горизонтах должна, по крайней мере, в 5 раз превышать время наступления квазистационарного режима в зоне расположения двух ближайших наблюдательных скважин $t_{\text{кв}}$; время $t_{\text{кв}}$ оценивается по формуле

$$t_{\text{кв}} \approx \frac{(3-5) r_2^2}{\alpha},$$

где r_2 — расстояние до второй наблюдательной скважины, α — коэффициент пьезопроводности,

в) понижение во всех наблюдательных скважинах к концу откачки должно быть не менее 30 см и превышать возможные естественные колебания уровня за период откачки не менее чем в 7-10 раз,

г) к концу откачки должен быть достигнут либо установившийся режим фильтрации в опробуемом горизонте (если во взаимодействующем горизонте уровень практически не меняется), либо синхронный

режим понижения во взаимодействующем и опробуемом горизонтах, что позволяет оценить характер гидравлической взаимосвязи водоносных горизонтов;

д) если основной целью откачки является изучение условий на границе пласта, то должен быть достигнут либо установившийся режим откачки, либо вблизи границы должно быть получено заметное снижение уровня (не менее 30 см).

Для предварительного выбора продолжительности кустовой откачки в неограниченном пласте, когда основной ее целью является определение фильтрационных параметров пласта, можно пользоваться рекомендациями приложения 3. Если в задачу откачки, кроме того, входит оценка параметров взаимосвязи исследуемого горизонта с другими водоносными горизонтами или поверхностными водами, то продолжительность ее предварительно назначается в пределах от 15 до 40 сут.

2. 12. Необходимая продолжительность опытной откачки уточняется в процессе ее выполнения. С этой целью по полученным результатам строятся индикаторные графики временного $S = f(\lg t)$ и комбинированного $S = f(\lg \frac{t}{r_2^2})$ прослеживания понижения уровня. Достаточными условиями для прекращения откачки являются либо достижение на графиках четко выраженных прямолинейных участков (см. п. 2. 11, б), либо обоснованное установление причин, вызывающих отклонение от типового графика Тейса.

Проект опытной откачки должен предусматривать возможность изменения ее продолжительности в процессе выполнения, по крайней мере, в пределах $\pm 50\%$ от первоначально намеченной.

2. 13. В особо сложных гидрогеологических условиях, связанных, как правило, с необходимостью изучения граничных условий водоносных горизонтов, кустовая откачка может проводиться с двумя и даже с тремя ступенями расхода. Каждая последующая ступень откачки при этом должна рассматриваться как повторная откачка, основная цель которой – повышение надежности и достоверности получаемой информации. Проведение кустовых откачек с двумя–тремя ступенями расхода оказывается целесообразным и при опробовании глубоко залегающих водоносных горизонтов вследствие высокой стоимости бурения гидрогеологических скважин. Очередность ступеней расхода при кустовой откачке не имеет принципиального значения, поскольку оценка фильтрационных параметров при этом проводится главным образом по результатам замеров уровней в наблюдательных скважинах

Наблюдения

при проведении опытных откачек,
их документация

2. 14. Замеры уровней при откачке проводятся с постепенно убывающей частотой.

В наблюдательных скважинах, расположенных на расстоянии до 50 м (в безнапорных горизонтах) и до 100 м (в напорных горизонтах), замеры уровней производятся через 2-5 мин. в течение первых 30 минут откачки, через 15-20 мин - в последующие 2 часа и через каждый час - в дальнейшем до конца откачки.

В скважинах, удаленных на большие расстояния, в первые 2 часа откачки уровни замеряются через каждые 30 мин, а затем - через каждые 2-4 ч.

Приведенные цифры являются ориентировочными: в процессе выполнения откачки они уточняются в зависимости от скорости снижения уровней.

При наблюдении за восстановлением уровня после окончания откачки первоначальные отсчеты по центральной скважине и близким наблюдательным скважинам производятся через 0,5-1 мин, в дальнейшем частота замеров уровня уменьшается в соответствии со снижением скорости его восстановления. Общая продолжительность наблюдения за восстановлением уровня предварительно определяется из расчета $1/4$ от продолжительности откачки. Наблюдения прекращаются до истечения этого срока, если достигнуто полное восстановление и стабилизация уровня.

2. 15. Точность замеров уровней должна быть такой, чтобы погрешность вычисляемого понижения напора не превышала ± 2 см. Наиболее приемлемыми измерительными инструментами являются электроуровнемеры различных конструкций. При большой глубине залегания уровня подземных вод (более 20 м) на каждой наблюдательной скважине устанавливают индивидуальный уровнемер.

2. 16. Замеры расхода откачки в течение первого часа производятся с возможно большей частотой, в дальнейшем в течение суток - не реже одного раза в час, а затем - три-четыре раза в сутки. Для этого целесообразно использовать автоматические счетчики-дебитометры и производить контрольные замеры расхода объемным способом. Контрольные замеры в первые сутки производятся не реже двух раз в смену, а затем - один-два раза в сутки, с трех-пятикратной повторяемостью. Объем мерного сосуда выбирается из расчета его наполнения не менее чем за 30 с.

2. 17. В процессе откачки постоянно осуществляется контроль и предварительный анализ качества ее выполнения. С этой целью непосредственно на месте проведения откачки заполняется сводный журнал и строятся хронологические и полулогарифмические графики изменения понижений по всем наблюдательным скважинам и график изменения расхода во времени. Анализ этих материалов позволяет своевременно и обоснованно корректировать режим проведения эксперимента, уточнять величину дебита на последующих ступенях откачки и общую ее продолжительность (см. п. 2. 12).

Контроль за состоянием скважин перед началом опытной откачки и после каждого резкого изменения режима ее проведения (техни-

ческие остановки и последующие включения насоса, значительное изменение дебита, в том числе и переход на последующую ступень откачки, прекращение откачки и т. п.) проводится на основе замеров глубин всех скважин опытного куста. Если такими замерами отмечается прогрессирующее заиливание фильтровой части скважин (опытной или наблюдательных) более чем на 1/3 первоначальной длины фильтра, то эти скважины необходимо прочистить, а откачку повторить после предварительной стабилизации уровня.

2.18 Каждая опытная откачка должна сопровождаться отбором проб воды на химический анализ. В обычных условиях, когда не предусматривается проведение специальных гидрохимических исследований, отбирается одна проба воды на сокращенный химический анализ. Отбор пробы проводится в конце откачки. Для проведения специальных гидрохимических исследований разрабатывается особая программа, в рамках которой в зависимости от конкретных задач исследований и условий изучаемого месторождения обосновывается методика и объемы химического опробования, сопутствующего опытно-фильтрационным работам.

2.19 Заключительная документация кустовой опытной откачки включает

- копию полевого журнала откачки,
- таблицы изменения понижений и дебита во времени,
- хронологические графики $Q = f(t)$ и $S = f(t)$,
- индикаторные графики $S = f(\lg t)$ и $S = f(\lg t/r_2)$,
- графики площадного прослеживания $S = f(\lg r)$;
- детальный план расположения скважин в кусте,
- конструкции опытных скважин,
- гидрогеологические разрезы по лучам наблюдательных скважин,
- таблицы гранулометрического состава при опробовании водоносных горизонтов, сложенных песками.

Особенности постановки и методика проведения одиночных опытных откачек

2.20 Опытные откачки из одиночных скважин широко используются на начальных стадиях разведки угольных месторождений, их целью является

- а) получение качественной характеристики водообильности пород, слагающих месторождение,
- б) выделение водоносных горизонтов и зон в разрезе месторождения,
- в) изучение изменения водообильности водоносных горизонтов по площади их распространения и в разрезе;

г) предварительная оценка фильтрационных параметров (в первую очередь проводимости) водоносных горизонтов на участке проведения опыта.

2. 21. Скважины, предназначенные для проведения одиночных откачек, должны удовлетворять требованиям, предъявляемым ко всем опытным (центральным) скважинам (пп. 2. 1-2. 3). Кроме того, в них должна быть обеспечена возможность измерения уровня в процессе откачки, для чего можно использовать:

а) зазор между фильтровой и водоподъемной колоннами труб шириной не менее 20 мм. Этот способ приемлем при глубине динамического уровня не более 30 м от земной поверхности;

б) затрубные пьезометры, устанавливаемые параллельно фильтровой колонне труб. Этот способ целесообразен при использовании гравийной засыпки;

в) пьезометрические трубки, опускаемые в зазор между водоподъемными и фильтровыми (или обсадными) трубами;

г) пьезометрические трубки внутри водоподъемных труб при откачке эрлифтом.

Во всех случаях использования пьезометрических трубок нижний открытый конец их должен располагаться ниже насоса или подъемных труб.

При опробовании высоконапорных водоносных горизонтов, залегающих на больших глубинах, следует использовать пьезометрические трубки, заглубленные до отметки опробуемого горизонта, чтобы избежать погрешностей, связанных с потерями напора в трубках. В качестве пьезометрических трубок используются газовые трубы диаметром 1-1,5 дюйма.

2. 22. При изучении мощных толщ, представленных часто переслаивающимися песчано-глинистыми или трещиноватыми породами без фиксированного нижнего водоупора, конструкция скважины и методика проведения откачки намечаются с учетом необходимости проведения расходомерии (см. пп. 3. 11-3. 15) для дифференциации водообильности пород в разрезе.

2. 23. Опытная скважина для одиночной откачки должна быть совершенной по степени вскрытия. Исключения из этого правила допускаются лишь для заведомо однородных толщ, а также толщ трещиноватых пород без фиксированного нижнего водоупора. При опробовании водоносных горизонтов, приуроченных к пескам, используется гравийная обсыпка фильтров.

2. 24. Прокачка опытной скважины, предназначенной для одиночной откачки, ведется не менее одних суток с максимально возможным расходом, с кратковременными (5-10 мин) остановками через каждые 1,5-2 ч. В процессе прокачки ведутся наблюдения за уровнем (не реже, чем через 2 ч). После окончания прокачки наблюдают за восстановлением уровня в соответствии с требованиями п. 2. 26, продолжительность наблюдений - не менее одних суток.

После каждой остановки насоса замеряют глубину опытной скважины для контроля за развитием процесса заиления. Наблюдения за изменением глубины скважин особенно важны при опробовании водоносных толщ, сложенных рыхлыми песками.

2. 25. Одиночная откачка проводится при двух-трех ступенях расхода. На каждой ступени поддерживается режим постоянного расхода. Диапазон изменения расхода выбирается с учетом результатов, полученных при прокачке, так чтобы максимальный расход одиночной откачки составлял 85-90% от максимального расхода, достигнутого при прокачке, а минимальный - 50-60% от него. Вместе с тем понижение уровня при минимальном расходе должно превышать 1 м. Проведение одиночной откачки целесообразно начинать с максимальной ступени расхода. Если максимальную величину расхода не удается обоснованно наметить до начала откачки, то, по меньшей мере, последняя ступень откачки должна проводиться так, чтобы расход был на 10-15% меньше максимально достигнутого на предыдущих этапах откачки.

После каждой ступени откачки производится восстановление уровня, продолжительность которого должна быть не менее 1/4 продолжительности предыдущей степени откачки.

Общая продолжительность одиночной откачки предварительно назначается из расчета длительности опыта при каждой ступени расхода в пределах двух-трех суток для напорных и трех-пяти суток для безнапорных водоносных горизонтов. В процессе проведения откачки необходимая продолжительность ее уточняется в соответствии с рекомендациями п. 2. 12.

2. 26. Наблюдения за изменением уровня ведутся с таким расчетом, чтобы по их результатам можно было построить детальный поллогарифмический график $S = f (\lg t)$ для откачки и восстановления уровня. С этой целью уровень обязательно замеряют в следующие моменты времени после начала откачки или ее прекращения: 0, 5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 80; 100; 120; 150 и 180 мин. По такому же графику следует проводить наблюдения и в случае непредвиденных остановок и последующих включений насоса. В остальные периоды уровень замеряют через каждый час.

Наблюдения за дебитом скважины ведут в соответствии с п. 2. 16.

2. 27. Материалы по одиночной откачке, кроме указанных в п. 2. 19, включают графики $S = f (Q)$ и $q = f (S)$, где Q и q - общий и удельный расход скважины; S - понижения, достигнутые к концу соответствующих ступеней откачки.

Особенности методики проведения опытно-эксплуатационного водопонижения

2. 28. Опытно-эксплуатационное водопонижение осуществляется по специальному проекту. Схема такого водопонижения, его объем

и продолжительность намечаются с учетом необходимости обеспечения нормальных условий ведения горных работ на участке первоочередного вскрытия.

Откачка ведется из основного водоносного горизонта, если последний можно обоснованно выделить в гидрогеологическом строении месторождения. При наличии частого переслаивания водоносных и водонепроницаемых пород целесообразно вести откачку из всей водоносной толщи, подлежащей осушению.

2. 29. Главное требование к наблюдательной сети при опытно-эксплуатационном водопонижении – обеспечить возможность построения обоснованной карты гидроизогипс в пределах зоны влияния водопонижения. Наблюдениями должны охватываться все водоносные горизонты, в которых ожидается изменение режима подземных вод.

Количество и расположение наблюдательных скважин выбирается с таким расчетом, чтобы результаты наблюдений позволили охарактеризовать изменение уровней подземных вод:

- на линии водопонизительного ряда (контура);
- внутри водопонизительного контура (если он существует) или по площади участка первоочередных горных работ;
- за водопонизительным контуром в пределах площади влияния водопонижения;
- на характерных участках области влияния водопонижения (вблизи границ водоносных пластов, на участках тектонических нарушений и фациального замещения или резкого изменения мощности водоносных пород, вблизи поверхностных водоемов и водотоков, на участках вторичного поглощения и т. п.).

2. 30. Продолжительность и интенсивность опытно-эксплуатационного водопонижения предварительно выбирают с таким расчетом, чтобы подлежащие изучению процессы успели проявиться в достаточной мере. В процессе работ необходимая продолжительность водопонижения уточняется по мере наблюдений за его ходом. Обычно она должна быть не менее 3-6 мес.

Опытно-эксплуатационное водопонижение лучше всего проводить с постоянным расходом водопонижающих скважин. Все водопонижающие скважины по возможности включаются одновременно.

2. 31. Замеры расходов и уровней при водопонижении в течение первого месяца работы, а также при резких изменениях суммарного дебита скважин и в периоды паводков и дождей проводятся ежедневно, а в остальное время – не реже одного раза в 5 дней.

По наблюдательным скважинам, расположенным вблизи водопонизительного контура, в первые 5-10 дней замеры уровней проводятся в соответствии с требованиями к наблюдениям при кустовых опытных откачках (п. 2. 14).

Наряду с указанными наблюдениями проект опытно-эксплуатационного водопонижения должен предусматривать комплекс гидрогеологических и инженерно-геологических наблюдений в горных выработках (при наличии таковых), а также гидрогеологические, гидрохимические

и климатические наблюдения. Наблюдения в горных выработках целесообразно проводить в виде систематических (не реже двух раз в месяц) маршрутных обследований, имеющих целью: определение водопроявлений и изучение их характера, выявление, изучение характера и причин деформации пород, наблюдений за работой и состоянием водоотводных устройств и т. п.

Из всех водопонижающих скважин систематически (не реже двух раз в месяц) отбираются пробы воды на сокращенный химический анализ. Кроме того, в начале (после прокачки) и в конце опытно-эксплуатационного водопонижения отбираются пробы на полный химический анализ.

На поверхностных водоемах и водотоках в пределах зоны ожидаемого влияния водопонижения оборудуются специальные гидрологические посты. Гидрологические наблюдения проводятся синхронно с замерами уровней наблюдательных скважин. При этом замеряют:

- уровни воды с помощью специально устанавливаемых мерных реек;

- расходы рек и ручьев по нескольким створам, если они соизмеримы с суммарной производительностью водопонижительной установки.

2.32. По результатам опытно-эксплуатационного водопонижения составляют:

а) хронологические графики изменения дебита всех водопонижающих скважин;

б) хронологический график изменения суммарной производительности водопонижительной установки;

в) графики изменения уровней в наблюдательных скважинах во времени;

г) графики изменения притоков в горные выработки;

д) карты гидроизогипс на характерные моменты времени, в том числе и по естественным уровням;

е) карту фактического материала по результатам маршрутных обследований горных выработок и прилегающей территории;

ж) гидрогеологические разрезы по характерным профилям с нанесением результатов водопонижения;

з) журналы наблюдений по гидрологическим постам, результатов химического анализа подземных вод и т. п.

Л и к в и д а ц и я

г и д р о г е о л о г и ч е с к и х с к в а ж и н

2.33. Все гидрогеологические скважины после окончания опытно-фильтрационных работ должны быть либо ликвидированы, либо переданы организациям, осваивающим месторождение, для дальнейшего использования. Дополнительные работы, связанные с ликвидацией скважин или подготовкой их для дальнейшего использования, должны быть предусмотрены проектом опытно-фильтрационных работ. Ликвидация или передача скважины для дальнейшего использования оформляются соответствующими актами (по каждой скважине отдельно).

2.34. Опытные (центральные) и опытно-эксплуатационные скважины могут быть использованы для эксплуатационного водопонижения или для водоснабжения. Возможность и целесообразность их использования определяются в каждом конкретном случае с учетом местных условий.

Наблюдательные скважины гидрогеологических кустов, а также опытные одиночные скважины используются, в первую очередь, для расширения режимной наблюдательной сети. Из каждого опытного куста в режимную сеть должны быть включены, как минимум, по одной скважине на каждый из водоносных горизонтов, по которым велись наблюдения при опытно-фильтрационных работах. Эти скважины оборудуются специальными оголовками, обеспечивающими их сохранность.

2.35. Ликвидация гидрогеологических скважин сводится к извлечению труб и тампонажу их стволов. Основным требованием, предъявляемым к ликвидационному тампонажу, является предотвращение возможности перетока воды по стволу скважины между вскрытыми ею водоносными горизонтами и, следовательно, сохранение естественного режима подземных вод на участке опытных работ.

Интерпретация результатов опытных откачек

2.36. Интерпретация результатов опытных откачек осуществляется в два этапа: качественный анализ полученных данных с целью выбора расчетной схемы-зависимости и непосредственное вычисление фильтрационных параметров.

В процессе интерпретации производится.

- качественная оценка возможного влияния различных природных и технических факторов на результаты откачки;
- выбор расчетной схемы области фильтрации в плане;
- выбор расчетной схемы строения водоносной толщи в разрезе;
- схематизация начальных и граничных условий фильтрации;
- выбор расчетной зависимости и метода определения фильтрационных параметров с предварительной оценкой условий их применимости.

Решение всех перечисленных вопросов осуществляется на основе сравнения результатов конкретной откачки с эталоном, в качестве которого рассматривается зависимость, отвечающая откачке с постоянным расходом из неограниченного в плане и изолированного в разрезе напорного водоносного горизонта. Выяснение наиболее вероятных причин, вызвавших в процессе конкретной откачки отклонение от эталонной зависимости, производится путем перебора возможных (теоретически проанализированных) вариантов с учетом всего объема информации о гидрогеологических условиях месторождения и участка опытных работ и о фактическом режиме откачки.

2.37. Основными природными и техническими факторами, вызывающими отклонение результатов откачки от эталонной зависимости могут быть:

- а) границы водоносного горизонта, расположенные вблизи участка опытных работ;
- б) фильтрационная неоднородность опробуемого горизонта в плане.
- в) гидравлическая связь исследуемого водоносного горизонта с выше- или нижележащими, а также с поверхностными водами;
- г) изменение фильтрационных параметров при снижении напоров, вызванном откачкой;
- д) непостоянство расхода при откачке;
- е) изменение состава и состояния пород в прискважинных зонах, а также высокие входные сопротивления фильтров, обуславливающие дополнительное фильтрационное сопротивление центральной и инерционность наблюдательных скважин.

2.38. Основные расчетные схемы области фильтрации в плане:

- а) неограниченный пласт;
- б) полуограниченный пласт с одной прямолинейной бесконечной границей.

Результаты опытных откачек, проведенных в условиях, отличных от указанных расчетных схем, обрабатываются специальными способами, основанными, как правило, на математическом моделировании.

Основные расчетные схемы строения водоносной толщи в разрезе:

- а) изолированный однородный напорный горизонт;
- б) однородный безнапорный водоносный горизонт;
- в) безнапорный двухслойный горизонт;
- г) слоистый напорный водоносный комплекс.

При выборе расчетной схемы строения водоносной толщи, кроме исходных геологических материалов, используются графики зависимости $S = f(Q, t)$. Путем сопоставления фактических графиков с типовыми обосновывается необходимость учета осложняющих факторов (см. п. 2.37) при определении фильтрационных параметров.

2.39. После выбора наиболее приемлемой для исследуемой водоносной толщи расчетной схемы строения в плане и разрезе подбирается соответствующая этой схеме расчетная зависимость (формула) с учетом осложняющих природных и технических факторов, имевших место при проведении откачки.

На основе этой зависимости фильтрационные параметры рекомендуется определять по данным неустановившегося режима фильтрации следующими способами (в порядке их значимости):

- 1) стандартным графоаналитическим методом в трех его модификациях: временное, площадное и комбинированное прослеживание;
- 2) методом эталонных кривых;

3) методом отношения понижений.

Второй и третий методы следует применять лишь в тех случаях, когда предыдущие по тем или иным причинам не применимы в условиях конкретной откачки.

По результатам кустовых откачек проводимость исследуемого горизонта, кроме того, оценивается по формулам установившегося режима для двух ближайших к центральной наблюдательных скважин то понижениям, достигнутым к концу откачки.

2.40. Обработка результатов опытных откачек должна проводиться в соответствии с рекомендациями, изложенными в "Методических указаниях по определению гидрогеологических параметров при разведке и освоении угольных месторождений", Л., 1974 (ВНИМИ).

3. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОПЫТНЫХ РАБОТ

О п ы т н ы е н а г н е т а н и я (н а л и в ы) в с к в а ж и н ы

3. 1. Опытные нагнетания (наливы) обычно проводятся в одиночных скважинах при трех ступенях напора до достижения установившегося режима на каждой ступени. Кустовые нагнетания при разведке угольных месторождений проводятся очень редко, и целесообразность их выполнения требует специального обоснования в каждом конкретном случае.

Избыточное давление над естественным уровнем в исследуемом интервале целесообразно принимать равным на первой ступени 5-10 м, на второй - 15-20 м и на третьей - 25-30 м. При этом во избежание гидроразрыва максимальное давление в испытываемом интервале скважины (в атмосферах) не должно превышать 12% глубины интервала (в метрах). Нагнетания в каждый интервал начинают с максимального напора. Длину опробуемого интервала выбирают в зависимости от общей мощности исследуемой толщи и предполагаемого характера изменения ее проницаемости. Обычно она должна составлять 5-10 м.

При разведке угольных месторождений опробование скважины опытными нагнетаниями целесообразно производить способом "сверху вниз" по мере углубления. Рыхлые отложения перекрываются кондуктором диаметром не менее 150 мм. Опробуемый диапазон бурится диаметром 90-131 мм с полным отбором керна и с промывкой чистой водой.

3. 2. При выполнении опытного нагнетания необходимо иметь следующее оборудование и аппаратуру:

- а) тампон для изоляции опробуемого интервала скважины;
- б) насос для подачи воды в скважину;
- в) распределительное устройство с водомером;
- г) манометр для замера давления воды в скважине (если пьезометрический уровень выше головки тампона) и уровнемер для замера уровня в скважине (если он ниже головки тампона).

Технические характеристики различных типов тампонов, водомерных устройств и насосов приведены в "Инструкции и методических указаниях по определению водопроницаемости горных пород методом опытных нагнетаний в скважины. И-39-67", М., изд-во "Энергия", 1968.

Для выполнения нагнетания на глубинах до 150 м при разведке угольных месторождений наиболее удобен унифицированный комплект

оборудования УКН с тампоном УТД-1, выпускаемый Ленинградским ремонтно-механическим экспериментальным заводом института "Гидропроект".

3.3. В каждом из опробуемых интервалов скважины опытное нагнетание выполняется в следующем порядке.

1. После прекращения бурения производится промывка скважины до выхода из устья совершенно чистой воды. Извлекается буровой снаряд и производится замер уровня воды в скважине (3-5 раз).

2. Производится спуск тампона до заданной глубины и сжатие его колец. Для спуска тампона, как правило, используются ниппельные трубы диаметром 89 мм и штанги диаметром 50 мм. Внутреннее отверстие штанг и переходника от штанг к натяжному винту должны обеспечивать возможность спуска в них электроуровнемера. Во избежание аварий сжатие уплотнителя допускается на величину не более 30-40% от суммарной высоты резиновых колец.

3. Дополнительная промывка опробуемого интервала осуществляется нагнетанием воды в течение 0,5-1 ч под давлением, превышающим максимальную ступень напора на 0,5-1 ати. Одновременно проверяется надежность изоляции опробуемого интервала тампоном по уровню между наружными трубами и стенкой скважины, а также плотность всех соединений. По окончании промывки наблюдается восстановление естественного уровня. Уровень воды замеряется электроуровнемером через 10-15 мин до получения трех одинаковых замеров.

4. Производятся нагнетания при трех ступенях напора до "установившегося" режима на каждой ступени. Замеры расхода и напора (или уровня) производятся через каждые 5 мин. Нагнетание на каждой ступени продолжается до получения не менее восьми практически одинаковых замеров уровня и расхода. После каждой ступени нагнетания наблюдается восстановление естественного уровня.

5. По окончании нагнетаний в каждом интервале строится график зависимости расхода от напора для оценки качества выполнения опыта. До построения графика не рекомендуется извлекать из скважины тампон и демонтировать установку для нагнетаний. Опыт считается выполненным неправильно, если с увеличением напора фиксируется рост удельного водопоглощения. На графике это проявляется отклонением кривой $Q = f(S)$ в сторону оси расхода.

3.4. При нагнетании в водонасыщенную породу напор определяется как разность между уровнем при нагнетании и статическим уровнем.

При нагнетаниях и наливах в необводненные породы напор отсчитывается от середины опробуемого интервала.

3.5. Если в зоне возможного влияния опытного нагнетания имеются скважины, то в процессе опыта по ним ведутся систематические наблюдения в соответствии с требованиями методики проведения кустовых опытных откачек (раздел 2).

3 6. Результаты опытных нагнетаний обрабатывают с целью получения фильтрационных параметров по зависимостям, рекомендованным в разделе 2

О п ы т н ы е н а л и в ы в ш у р ф ы

3 7 Наливы проводятся в шурфах, вскрывающих забоем исследуемые породы. Площадь сечения шурфов по забою должна быть не менее 1 м^2 , что определяется размерами инфильтрометров - колец диаметром не менее 35 см, которые задавливаются в породу на глубину не менее 2-3 см. Целесообразно использовать два концентрических кольца, проводя более тщательные замеры инфильтрации по внутреннему кольцу. Дно шурфа в пределах инфильтрометра покрывается тонким слоем песка или гравия.

3. 8. Вода подается в инфильтрометр порциями или непрерывно (с помощью автоматического регулирующего устройства)

Наиболее целесообразно производить наливов при поддержании постоянного уровня воды в инфильтрометре. Замеры расхода воды производятся в течение первого часа через 5-15 мин, в течение второго - через 20-30 мин и затем ежечасно.

В процессе налива строится график зависимости $VW = f(W)$, где V - удельный расход (на единицу площади инфильтрометра) в момент времени t , W - общий объем инфильтрации за время t (на единицу площади инфильтрометра). При однородности толщи и правильности проведения опыта индикаторный график $VW = f(W)$ должен быть прямолинейным.

Проведение экспресс-наливов допустимо с режимом свободного понижения уровня воды в инфильтрометре, при котором также строится индикаторный график $VS = f(S)$, где S - понижение уровня на момент t .

3. 9. После окончания налива производится вскрытие смоченной части разреза с отбором проб пород на влажность, глубина отбора проб - не менее $(1,5-2) d$, где d - диаметр инфильтрометра.

Для фиксирования влажности по разрезу целесообразно использовать нейтронные измерители влажности (типа НИВ-1), позволяющие прослеживать динамику инфильтрации до контрольного вскрытия смоченного разреза.

3 10. Результаты опытных наливов обрабатываются с учетом относительного влагонасыщения, определяющего значение коэффициента фильтрации, и возможного бокового растекания потока (применение концентрических инфильтрометров существенно ограничивает боковое растекание).

Фильтрационная неоднородность пород в разрезе затрудняет интерпретацию результатов опытных наливов, в связи с чем рекомендуется производить поинтервальные наливов (зона просачивания ограничивается мощностью однородного слоя).

Расходомерия скважин

3.11. Основное условие получения надежных данных при расходомерии – правильная подготовка опробуемой скважины. Поскольку кривая расходомерии в значительной степени определяется параметрами призабойной зоны скважины, а не пласта в целом, метод расходомерии целесообразно использовать только для скважин, пробуренных роторным способом с прямой или обратной промывкой чистой водой или ударным способом. Опытные скважины в водоносных толщах, сложенных рыхлыми породами, должны быть оборудованы сетчатыми или гравийными фильтрами с равномерно перфорированными каркасами; в устойчивых породах скважины, предназначенные для расходомерии, не обсаживаются.

3.12. Для расходомерии скважин могут быть использованы приборы, выпускаемые для опробования нефтяных и гидрогеологических скважин. Технические данные скважинных расходомеров приведены в приложении 4.

3.13. Перед началом налива (откачки) уровень должен стабилизироваться. Налив (откачка) производится с помощью установки, обеспечивающей постоянный расход с обязательной его регистрацией. Измерения расходомером производятся только после стабилизации динамического уровня при постоянных значениях суммарного расхода $Q_{\text{сум}}$ и понижения. Расходомер должен быть протарирован в условиях, близких к условиям измерений.

3.14. По известным расходам Q_z в интервалах их постоянных значений (или в фиксированных точках измерений) определяются частные расходы поглощения Q_i для каждого проницаемого слоя (или для каждого интервала между точками измерения).

3.15. При обработке результатов расходомерии различают две расчетные схемы гидрогеологических условий:

1) система изолированных пластов с примерно одинаковыми напорами или единый водоносный комплекс, состоящий из слоев с различной проницаемостью;

2) система изолированных пластов с существенно различными пьезометрическими напорами.

В условиях, удовлетворяющих первой расчетной схеме, обработка результатов расходомерии ведется с учетом того, что при квазистационарном режиме фильтрации частные расходы слоев пропорциональны понижению (или повышению) уровня и, следовательно, доля проводимости каждого слоя T_i в суммарной проводимости всей опробуемой толщи $T_{\text{сум}}$ равна доле поглощаемого расхода, т. е.

$$T_i = \frac{Q_i}{Q_{\text{сум}}} \cdot T_{\text{сум}}$$

Суммарная проводимость горизонта определяется в соответствии с методикой обработки результатов опытных откачек (см. раздел 2)

В условиях второй расчетной схемы проводимость отдельных пластов оценивается по данным о величине перетока в невозбужденной скважине и положении статических уровней всех горизонтов

О п е р е ж а ю щ е е о п р о б о в а н и е в о д о н о с н ы х г о р и з о н т о в

3 16. В серийно изготавливаемый комплект опережающего опробования (Новогиреевский экспериментальный завод СКБ МГ СССР) входит.

- фильтр-опробователь;
- водоподъемное оборудование;
- пневматический уровнемер,
- вспомогательное оборудование

Фильтр-опробователь включает буровой наконечник-сопло, армированный пластинчатыми резцами, сетчатый фильтр диаметром 50 или 63,5 мм и длиной 1 м, соединительную пробку с внутренним отверстием и систему клапанов (кольцевой, обратный и скользящий)

В комплект пневматического уровнемера входят образцовый манометр на 2,5 атм, малогабаритный манометр на 6 атм, редуктор для автоматического регулирования давления воздуха, игольчатый вентиль, баллон для сжатого воздуха, толстостенная резиновая трубка марки "твердая" с внутренним диаметром 2 5-3,5 мм и датчик с обратным клапаном

3 17 При вскрытии водоносного горизонта бурение прекращается, и в скважину до ее забоя опускается фильтр-опробователь на бурильных трубах. Фильтр-опробователь при проходке снаряда или его вращении с одновременным нагнетанием через бурильные трубы чистой воды вводится в водоносный пласт на глубину 1,2-1,5 м. После прекращения нагнетания оседающий песок образует над фильтром пробку, предотвращающую проникновение глинистого раствора к фильтру. Через бурильные трубы с помощью эрлифта или поршневого насоса производится откачка воды.

3 18. Способ опережающего опробования может применяться на глубинах до 500-600 м. Понижения уровня, замеренные пневматическим уровнемером, должны быть скорректированы на величину потерь напора в бурильных трубах, а также в самом фильтре-опробователе

3 19 Детальные рекомендации по методике проведения и обработке результатов опережающего опробования приведены во "Временных методических указаниях по определению фильтрационных свойств пород при опережающем опробовании водоносных горизонтов", М., изд. ВСЕГИНГЕО, 1967

3. 20. Комплект испытателя пластов включает следующие основные узлы:

- а) герметизирующие элементы (пакеры), изолирующие испытуемый интервал от остальной части ствола скважины;
- б) фильтр, устанавливаемый в испытываемом интервале;
- в) бурильные трубы, используемые в качестве емкости для поступающей пластовой жидкости;
- г) систему клапанов, обеспечивающую сообщение испытываемого интервала с емкостью, а также вызов и прекращение притока из пласта;
- д) глубинные самопишущие манометры, регистрирующие изменение давления в испытываемом пласте в процессе опробования.

В настоящее время существует целый ряд конструктивных разновидностей испытателей пластов. Наиболее распространенными являются серийно выпускаемые комплекты испытательных инструментов (КИИ) конструкции ГрозНИИ и УфНИИ: КИИ-146 для скважин диаметром от 190 до 295 мм, КИИ-95 для скважин диаметром от 118 до 161 мм и КИИ-65 для скважин диаметром от 75 до 112 мм.

3. 21. Испытание пласта заключается в следующем:

После вскрытия пласта в скважину на бурильных трубах опускается пластоиспытатель, собранный с таким расчетом, чтобы фильтр устанавливался в испытываемом интервале, а пакер — выше него в плотных породах. Внутренний объем бурильных труб должен быть не менее 10-15% от объема ограниченной пакером зоны скважины.

Герметичность пакеровки проверяется по уровню промывочной жидкости в скважине после открытия клапана. Если уровень промывочной жидкости не меняется, то пакеровка герметична. При снижении уровня промывочной жидкости опыт необходимо повторить, изменив глубину установки пакера.

Интенсивность притока определяется по скорости струи воздуха, вытесняемого из бурильных труб, для регистрации которой устанавливается газовый счетчик.

Время притока жидкости при открытом положении впускного клапана зависит от интенсивности притока и может изменяться от 20 мин до 3 ч. После этого закрывается впускной клапан, для чего снижается сжимающая нагрузка и проворачиваются бурильные трубы (15-20 оборотов). Доступ пластовой жидкости в трубы прекращается, что приводит к возрастанию давления под пакером, которое фиксируется самопишущим манометром, расположенным в фильтре. Время записи конечной кривой восстановления давления обычно принимается равным половине продолжительности периода притока жидкости.

После этого снаряд извлекается из скважины.

3. 22. Исходным материалом для интерпретации эксперимента являются диаграммы давления, записанные глубинными манометрами. Простейшая методика обработки диаграмм давления с целью определения фильтрационных параметров приведена в приложении 5.

Рекомендации к выбору вида опытных работ

Инженерная задача	Исходные данные для решения инженерной задачи	Виды опытно-фильтрационных работ	Условия целесообразности постановки опытных работ
1. Оценка возможных водопри токов в горные выработки и обоснование проектов водопонижения и осушения карьерных и шахтных полей	1а Схема гидрогеологического строения месторождения. количество водоносных горизонтов, площадь их распространения, мощности, гилсометрия, естественные напоры и т. п.	Составляется на основе анализа данных геологической разведки месторождения и результатов ранее выполненных гидрогеологических опытных работ	
	1б Фильтрационные параметры водоносных горизонтов (коэффициент фильтрации, водопроводимость, коэффициент пьезопроводности или уровнепроводности, гравитационная водоотдача) и характеристика их изменения по площади	Опытное водопонижение	На стадии детальной разведки, для высоководобильных (проводимость $T > 100$) и неоднородных горизонтов
		Кустовые опытные откачки	На стадии детальной разведки при $TH_e > 50$
		Одиночные опытные откачки	На стадии детальной разведки при $TH_e \approx 10 \div 50$ На стадии предварительной разведки при $TH_e > 10$
Наливы и нагнетания в скважины	На стадии предварительной разведки при $TH_e < 10$ и значительных глубинах залегания исследуемого го-		

			ризонта (до 200 м)
		Опробование скважин испытателями пластов	При очень малых коэффициентах фильтрации (менее 0,1 м/сут) и больших глубинах залегания (более 200 м)
	1в. Граничные условия фильтрации: параметры связи поверхностных и подземных вод, параметры взаимосвязи горизонтов, гидрогеологическая характеристика геологических границ	Кустовые опытные откачки	На стадии детальной разведки при достаточно высокой проницаемости водоносных пород
		Расходомерия скважин	При проведении опытных откачек
		Опытно-эксплуатационное водопонижение	Для изучения характера взаимосвязи водоносных горизонтов и поверхностных вод
	1г. Фильтрационные свойства покровных отложений	Наливы в шурфы и скважины	
2. Оценка влияния подземных вод на устойчивость бортов карьеров и подземных горных выработок	2а. Схема гидрогеологического строения месторождения	Аналогично п. 1а	
	2б. Фильтрационные свойства водоносных пород	Аналогично п. 1б	
	2в. Фильтрационные свойства покровных отложений	Наливы в шурфы и скважины	По мере необходимости

Инженерная задача	Исходные данные для решения инженерной задачи	Виды опытно-фильтрационных работ	Условия целесообразности постановки опытных работ
3. Обоснование проектов отвода поверхностных водотоков и создания искусственных водоемов	3а. Фильтрационные свойства покровных отложений	Наливы в шурфы и скважины	На стадии детальной разведки
	3б. Фильтрационные свойства первого от поверхности водоносного горизонта	Кустовые откачки	На стадии детальной разведки при $TН_e > 50$
		Одиночные откачки	На стадии детальной разведки при $TН_e \approx 10 \div 50$ На стадии предварительной разведки при $TН_e > 10$
		Наливы в скважины	При $TН_e < 10$ и относительно глубоком залегании уровня
4. Обоснование проектов водоподвления и защиты отдельных горных выработок от водопритоков	4. Фильтрационные свойства пород, вскрываемых горной выработкой (в том числе и удельное водопоглощение)	Кустовые опытные откачки Одиночные опытные откачки	Аналогично п. 16
		Поинтервальное нагнетание в скважины	На стадии детальной разведки при $TН_e < 10$ и глубинах до 200 м
		Расходомерия скважин	При выполнении опытных откачек, нагнетаний и наливов скважины

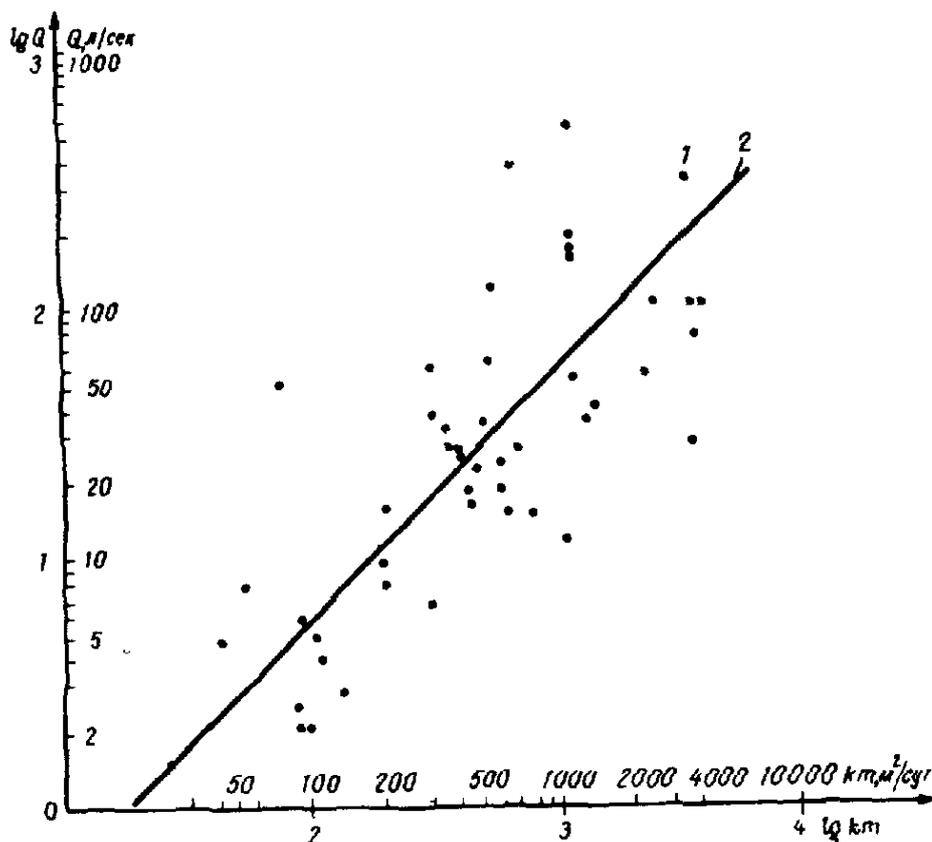
5. Оценка гидрогеологических условий сооружения шахтных стволов	5а. Фильтрационные свойства водоносных пород	Аналогично п. 16	
	5б. Активная пористость водоносных пород и возможные действительные скорости фильтрации подземных вод	Кустовые откачки с расходомерией и запуском индикаторов-трассеров	На стадии детальной разведки при $TN_e > 20+30$
6. Прогноз возможных величин гидростатических давлений на крепь горных выработок	6а. Фильтрационные свойства водоносных пород	Аналогично п. 4	
7. Обоснование проектов бытового и технического водоснабжения за счет подземных вод	7а. Схема гидрогеологического строения района. основные водоносные горизонты, площади их распространения, мощности, гипсометрия, естественные напоры, условия питания и разгрузки	Составляется на основе гидрогеологической съемки района и анализа данных геологической разведки месторождения	
	7б. Фильтрационные параметры основных водоносных горизонтов: коэффициент фильтрации, водопроводимость, коэффициент пьезопроводности (или уровнепроводности), водоотдача, параметры взаимосвязи	Кустовые опытные откачки Опытно-эксплуатационные откачки	На стадии детальной разведки месторождения В период освоения месторождения

Инженерная задача	Исходные данные для решения инженерной задачи	Виды опытно-фильтрационных работ	Условия целесообразности постановки опытных работ
	7в. Показатели, характеризующие качество подземных вод: химический и бактериологический состав, жесткость, агрессивность и т. п.	Получаются по результатам химического и бактериологического опробования в процессе гидрогеологической съемки, а также при режимных гидрогеологических наблюдениях и опытных откачках	
8. Обоснование безопасных условий ведения горных работ под водными объектами	8а. Фильтрационные свойства пород, залегающих в пределах 70-кратной вынимаемой мощности в кровле полезного ископаемого (70М)	Кустовые опытные откачки	В период детальной разведки для достаточно водообильных водоносных горизонтов ($ТН_e > 50$), попадающих в зону 70М
		Одиночные опытные откачки	В период предварительной разведки, а также при детальной разведке для слабоводообильных водоносных горизонтов ($ТН_e \approx 10+50$)
		Поинтервальные опытные нагнетания	При отсутствии в зоне 70М водоносных горизонтов с $ТН_e > 10$
	8б. Возможность, характер и параметры взаимосвязи зоны водопроводящих трещин (70М)	Кустовые опытные откачки	В период детальной разведки при наличии вблизи границы зоны 70М водонос-

	с водными объектами, залегающими выше этой зоны		ных горизонтов с $THe > > 10$ (причем $H_e > 20$ м)
9. Прогноз возможных измерений режима подземных и поверхностных вод в связи с решением вопросов охраны окружающей среды	9а. Схема гидрогеологического строения района	Аналогично п. 7а	
	9б. Фильтрационные свойства водоносных горизонтов, дренируемых в процессе освоения месторождения или используемых для водоснабжения	Кустовые опытные откачки	В период детальной разведки для относительно высоководобильных водоносных горизонтов ($THe > > 50$)
		Одиночные опытные откачки	В период предварительной разведки, а также при детальной разведке для слабоводобильных горизонтов ($THe \approx 10+50$)
	9в. Фильтрационные свойства поверхностных водоносных горизонтов на участках сооружений искусственных водоемов и водотоков	Аналогично п. 9б.	
	9г. Фильтрационные свойства пород ложа естественных водоемов	Кустовые опытные откачки	В период разведки
	9д. Фильтрационные свойства покровных отложений на участках сооружения искусственных водоемов	Опытные наливы в шурфы и скважины	В период детальной разведки

Условные обозначения: T - проводимость водоносного горизонта, $m^2/сут$; H_e - естественный напор, отсчитанный от подошвы рассматриваемого горизонта, м; M - вынимаемая мощность полезного ископаемого, м.

График практикуемой и рекомендуемой степени возмущения в зависимости от величины коэффициента водопроницаемости (Боревский Б. В., Самсонов Б. Г., Язвин Л. С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек М., "Недра", 1973, с. 282)



Группы месторождений по характеру водовмещающих пород	I	II	III
Рекомендуемое количество возмущающих скважин	1	1-2	2-4

I - пески и слабые песчаники дочетвертичных отложений, трещинные некарстующиеся водовмещающие породы; II - пески аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений четвертичного возраста, трещинно-поровые горизонты с мелким рассеянным карстом; III - галечники и гравийно-галечники с песчаным заполнителем, трещинно-карстовые водоносные горизонты; 1 - точки практикуемых значений дебита; 2 - расчетный график рекомендуемых значений дебита для обеспечения $S_0 = 3$ м в безнапорных и 4 м в напорных водоносных пластах

Ориентировочная продолжительность кустовых опытных откачек при неустановившемся режиме

Литологический состав водоносных пород	Удельный дебит, л/с	Характер водоносного горизонта	Примерная продолжительность откачки, сут
Гравийно-галечниковые и скальные сильнотрещиноватые породы	Более 10	Напорный Безнапорный	5-8 7-10
Гравелистые разномерные пески, гравийно-галечниковые породы с песчаным заполнителем, скальные трещиноватые породы	1-10	Напорный Безнапорный	5-8 10-12
Среднезернистые пески, скальные слаботрещиноватые породы	0,5-1,0	Напорный Безнапорный	7-10 12-15
Мелкозернистые пески, трещиноватые породы с двойной пористостью	Менее 0,5	Напорный Безнапорный	10-12 15-20

Технические характеристики скважинных расходомеров

Наименование расходомера	Диаметр датчика, мм	Пределы фиксируемых расходов через канал датчика, л/с	Точность измерения % (по данным ВСЕГИНГЕО)	Организация-изготовитель
Расходомер импульсный РЭИ	120	0, 2-1, 5	$\pm 2, 5$	Октябрьский завод "Нефтеавтоматика"
Тахеометрический скважинный расходомер ТСП-34Э	34	0, 01-1, 0	$\pm 3-10$	Уральская геофизическая экспедиция
Тахеометрический скважинный расходомер ТСП-70Э	70	0, 005-2, 0	$\pm 3-10$	То же
Тахеометрический скважинный расходомер (фотоэлектрический) ТСП-70Ф	70	0, 005-2, 0	$\pm 3-10$	"-"
Расходомер скважинный тахеометрический РСТ	43	0, 003-2, 0	$\pm 3-10$	Западно-Сибирское геологическое управление
Индукционный скважинный расходомер ДАУ-3	73	0, 015-2, 0	$\pm 6, 0$	Управление "Донбассантрацит"
Расходомер РГД-6Б	110	0, 06-26, 0	$\pm 2, 0$	УФНИИ
Расходомер РГД-1М	120	1, 0-50, 0	$\pm 2, 5$	"Нефтеавтоматика"(г. Бугульма)

Интерпретация данных опробования испытателем пластов

(Опытно-фильтрационные работы. Под ред. В. М. Шестакова и Д. Н. Башкатова. М., "Недра", 1974, с. 152-153)

Проводимость опробуемого интервала определяется по формуле

$$T = \frac{Q^*}{4\pi S(t)} \ln \frac{t^* + t}{t},$$

где Q^* и t^* - модифицированные значения расхода и времени; $S(t)$ - понижение давления в момент времени t . При этом модифицированные значения расхода и времени определяются по следующим формулам

$$Q^* = \frac{V}{t^*};$$

$$t = 2 \left[t_{np} - \frac{1}{2} \frac{\Delta t}{V} \sum \frac{Q_{ti} + Q_{ti+1}}{2} (t_i + t_{i+1}) \right];$$

где V - общий объем воды, поступившей в трубы за период притока; t_{np} - продолжительность периода притока.

При вычислении по этим формулам кривая $Q(t)$ делится на равные отрезки времени продолжительностью Δt . Фактическое же значение расхода, необходимое для расчетов, предварительно вычисляется по формуле

$$Q = \frac{\delta p F}{\delta t \gamma},$$

где δp - изменения давления за время δt , снимаемое с диаграммы манометра в трубах над испытателем пластов; F - площадь сечения внутренней полости труб; γ - плотность жидкости, поступающей в трубы.

Обработка опытных данных по изложенной методике допускается при выполнении условия

$$1 > \frac{t}{t^* + t} \cong 0.$$

О г л а в л е н и е

1	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2	МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТНЫХ ОТКАЧЕК	7
	Требования к оборудованию и расположению опытных скважин при откачке	7
	Режим опытной откачки	10
	Наблюдения при проведении опытных откачек, их документация	11
	Обобщности постановки и методики проведения одиночных опытных откачек	13
	Обобщности методики проведения опытно-эксплуатационного водопонижения	15
	Ликвидация гидрогеологических скважин	17
	Интерпретация результатов опытных откачек	18
3	СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОПЫТНЫХ РАБОТ	21
	Опытные нагнетания (нагнаты) в скважины	21
	Опытные нагнаты в шурфы	23
	Расходомерия скважин	24
	Опережающее опробование водоносных горизонтов	25
	Опыты с испытателями пластов	26
	П р и л о ж е н и я	28

С о с т а в и т е л и .

кандидаты геол.-мин. наук

Л. И. СЕРДЮКОВ, Ю. А. НОРЗАНОВ

Редактор В. Д. Вакуленко

Техн. ред. А. Г. Образцова

Подписано к печати 19/Х-77 г.

М-44061

Формат бумаги 60x90/16.

Объем 2, 5 л. л.

Тираж 500.

Печатный цех ВНИИИ.

Заказ № 53.

Бесплатно.

УДК 556 302 632

Инструкция по проведению опытно-фильтрационных работ при разведке угольных месторождений

М-во угольной пром-сти СССР Всесоюз науч-исслед ин-т горн геомех и маркшейд дела, Л., 1977
с 38

ОПЫТНО-ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ РАБОТЫ РАЗВЕДКИ УГОЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Регламентируется методика подготовки проведения и обработки результатов опытных откачек – основного вида опытно-фильтрационных работ

Даны основные положения методики и техники проведения опытных нагнетаний и наливов в скважины, наливов в шурфы, расходомерии скважин, опережающего опробования и опробования испытателями пластов