Министерство угольной промышленности СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

М Е Т О Д И Ч Е С К И Е У К А З А Н И Я

по натурному определению высоты зоны водопроводящих трещин над выработанным пространством в конкретных горногеслогических условиях

Ленинград
1 9 7 3

gost.e-ecolog.ru

Министерство угольной промышленности СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по натурному определению высоты зоны водопроводящих трещин над выработанным пространством в конкретных горногеологических условиях

Ленинград
1973

А Н Н О Т А Ц И Я

В "Методических указаниях" излагаются разработанные во ВНИМИ способы определения высоты зоны водопроводящих трещин над выработанным пространством, которые могут быть использованы горными предприятиями и геологоразведочными организациями при установлении оптимальных условий выемки угольных пластов под водными объектами.

Описание рекомендуемых методов сопровождается примерами их применения в наиболее типичных случаях.

"Методические указания" составлены канд.техн.наук Б.Я.Гвирцманом и канд.геол-мин.наук Ф.П.Стрельским.

В В Е Д Е Н И Е

Под зоной водопроводящих трещин понимается часть подработанной толщи, в которой при выемке пластов образуются нормально-секущие трещины, сообщающиеся с выработанным пространством. На верхней границе этой зоны и в вышележащей толще водопроницаемость пород в направлении нормали к напластованию после подработки остается практически такой же, как и до подработки.

Знание высоты зоны водопроводящих трещин над выработанным пространством необходимо при решении целого ряда горно-технических задач. Особую важность этот вопрос приобретает при определении безопасной и экономически целесообразной глубины разработки под водными объектами, поскольку распространение водопроводящих трещин до водного объекта при определенных условиях может повлечь за собой значительное увеличение притока воды в горные выработки, а в отдельных случаях - внезапный прорыв воды и затопление шахты.

До настоящего времени основным методом получения данных о высоте зоны водопроводящих трещин над выработанным пространством являлось обобщение опыта подработки поверхностных водотоков и водоемов и затопленных выработок. В результате различными исследователями /1,2,3/ были выведены эмпирические зависимости, характеризующие, главным образом, связь между высотой зоны водопроводящих трещин и вынимаемой мощностью пласта. Эти зависимости представляют собой уравнения линий, разделяющих на графиках поле рассмотренных фактов подработки на две части, одна из которых объединяет все случаи с увеличением притока в горные выработки, а другая - случаи с неизменными притоками.

Анализ имеющихся данных показал, что к опыту подработки пойм и русел рек следует относиться с большей осторожностью, особенно в тех местах, где реки и подрусловые потоки питают водоносные горизонты в различных слоях коренных пород и где значительные притоки могут поступать в горные выработки из этих водоносных горизонтов, а не за счет проникновения непосредственно из русел или пойменных отложений по трещинам, возникшим вследствие сдвижения горных пород. Недостаточный учет этого фактора приводил во многих случаях к завышению высоты зоны водопроводящих трещин, что в свою очередь, повлекло за собой завышение безопасной глубины разработки под водными объектами в правилах

охраны сооружений, действующих в различных угольных бассейнах, в особенности, в Донбассе.

Наиболее надежные результаты были получены путем обобщения случаев подработки затопленных выработок с благоприятным и неблагоприятным исходом (под последним понимается увеличение притока воды в действующие выработки), так как неблагоприятный исход однозначно указывает на то, что водопроводящие трещины дошли до затопленной выработки, а благоприятный исход столь же однозначно свидетельствует, что эти трещины до нее не дошли. Анализ таких данных, собранных, главным образом, в Донецком и Кузнецком бассейнах, позволил придти к заключению, что высота зоны водопроводящих трещин в коренных породах при выемке пласта мощностью 1-2 м с обрушением кровли не превышает 40-кратной вынимаемой мощности пласта при преобладании в толще аргиллитов, алевролитов и глинистых сланцев и 50-кратной мощности пласта при преобладании в толще песчаников /2,3/.

Хотя указанный вывод был использован в правилах охраны сооружений, действующих в ряде угольных бассейнов и полностью себя оправдал, существенным недостатком его является прямая зависимость высоты зоны водопроводящих трещин от вынимаемой мощности пласта, что приводит к завышению искомой величины, возрастающему с увеличением вынимаемой мощности.

Если для определения высоты зоны водопроводящих трещин при выемке одного пласта может быть использован имеющийся опыт подработки водных объектов, то при выемке свиты пластов такой опыт весьма ограничен и по нему трудно сделать достоверные общие выводы. Поэтому безопасная глубина для отдельных пластов свиты до сих пор определяется с необоснованно большим запасом.

Из всего сказанного следует, что дальнейшее снижение потерь угля в предохранительных целиках под водными объектами возможно только на основе использования таких методов определения высоты зоны водопроводящих трещин, которые бы с достаточной полнотой учитывали конкретные горногеологические условия на участке подработки.

В последнее время во ВНИМИ разработаны и успешно применяются в различных угольных бассейнах гидрогеологические методы исследований для решения поставленной задачи, используемые как самостоятельно, так и в комплексе. К указанным методам относятся:

1) метод наблюдений за изменением напора подземных вод в слоях пород, залегающих на различном удалении от разрабатываемого пласта:

2) метод сравнения удельных водопоглощений в различных слоях толщи до и после подработки.

В настоящих "Методических указаниях" дается описание этих методов, а также приводятся примеры их применения в наиболее типичных случаях.

I. Метод наблюдений за изменением напора подземных вод

Метод наблюдений за изменением напора подземных вод основан на том, что угленосная толща, как правило, представляет собой чередование песчаников и глинистых пород (аргиллитов, алевролитов, глинистых сланцев), являющихся, соответственно, напорными водоносными горизонтами и водоупорами. При выемке пласта часть ближайших к нему водоносных горизонтов попадает в пределы зоны водопроводящих трещин, которые дренируют эти водоносные горизонты и весьма существенно или полностью снижают в них напор. У водоупоров, оставшихся за пределами зоны водопроводящих трещин, проницаемость в направлении нормали к напластованию остается практически столь же незначительной, как и до подработки. Поэтому в водоносных горизонтах, не попадающих в указанную зону, сохраняется естественный режим подземных вод.

Метод наблюдений за изменением напора подземных вод может применяться в двух модификациях:

а) наблюдения за напорами с помощью пьезометров;

б) наблюдения за напорами в процессе бурения специальных гидрогеологических скважин.

Метод наблюдений за напорами с помощью пьезометров рекомендуется применять при отсутствии специального оборудования (тампонов, электроуровнемеров и т.п.), а также при необходимости достаточно длительных наблюдений за изменением высоты зоны водопроводящих трещин при выемке одного пласта или свиты пластов.

Под пьезометром понимается наблюдательная скважина, гидравлически связанная только с одним водоносным горизонтом; уровень воды в ней показывает величину напора в наблюдаемом водоносном горизонте.

Наиболее простая конструкция пьезометра показана на рис.I. В этом пьезометре изоляция водоносного горизонта 3 достигается с помощью колонны труб малого диаметра I с сальниковым тампоном 2 на конце, устанавливаемым в водоупорном слое 4. Для оборудования пьезометра могут быть использованы любые трубы с муфтовыми или ниппельными соединениями, обеспечивающими водо-

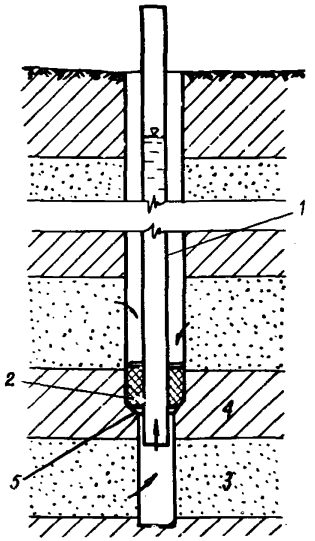


Рис. 1. Конструкция пьезометра: 1 – обсадные трубы; 2 – тампон (гидроизоляция); 3 – наблюдаемый водоносный горизонт; 4 – водоупор; 5 – уступ в скважине, создаваемый сменой диаметра бурения

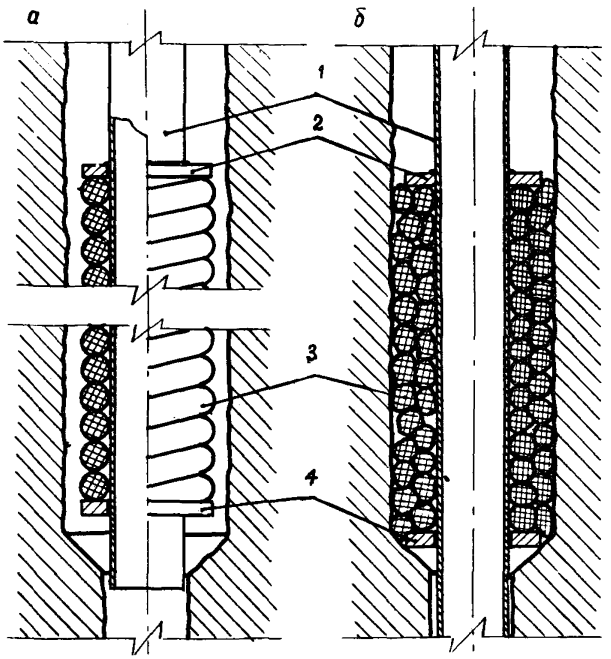


Рис. 2. Конструкция сальникового тампона при спуске в скважину (а) и в сжатом состоянии (б): 1 – обсадная труба; 2 – верхнее кольцо; 3 – сальниковая веревка; 4 – нижнее кольцо

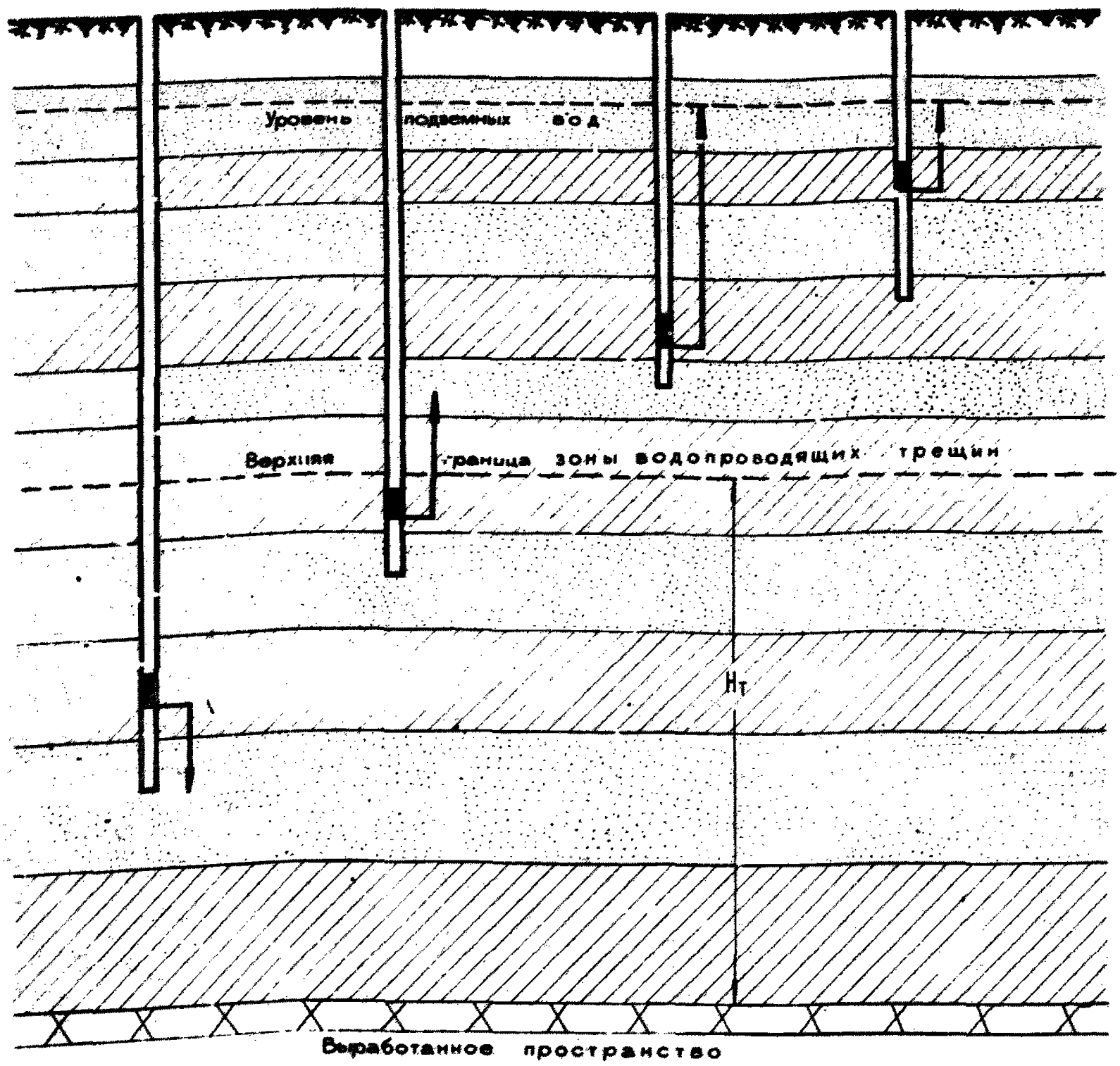
непроницаемость колонны. Диаметр труб выбирается в соответствии с размером измерителя уровня. При использовании электроуровнемеров для оборудования пьезометра могут применяться буровые штанги диаметром не менее 50 мм. Скважина для пьезометра бурится двумя диаметрами: бо́льшим - примерно до середины водоупора 4 над наблюдаемым водоносным горизонтом 3 и меньшим - - до проектной глубины. Больший диаметр скважины выбирается с таким расчетом, чтобы разность между диаметром скважины и диаметром труб колонны была не менее 10 см. Меньший диаметр должен быть больше диаметра труб.

В сальниковом тампоне (рис.2) в качестве гидроизолятора используется сальниковая веревка 3 или веревка, пропитанная пластичным водонепроницаемым и водостойким материалом. Веревка плотно наматывается на нижний конец колонны труб 1 длиной 3-4 м между двумя кольцами, верхнее из которых 2 приваривается к трубе, а нижнее 4 крепится настолько, чтобы сохранить веревку от снятия при спуске колонны в скважину. Когда нижнее кольцо достигнет уступа, его крепление нарушается весом колонны труб и дополнительным давлением на нее, в результате чего сальниковая веревка начинает сминаться. Сжатая сальниковая веревка плотно перекрывает интервал скважины между уступом в ней и верхним кольцом на колонне труб.

Оборудованный таким образом пьезометр не будет нарушен при деформациях окружающих пород.

Пьезометры оборудуются на изучаемом участке до подхода к нему очистных работ. Нижний пьезометр располагается в водоносном горизонте, приуроченном к слою пород, который после отработки всех (или предполагаемых к выемке) пластов свиты заведомо попадает в зону водопроводящих трещин. Верхний пьезометр располагается в водоносном горизонте, приуроченном к слою пород, который после отработки соответствующих пластов заведомо (по опыту данного или других аналогичных бассейнов) не попадет в указанную зону. Несколько пьезометров оборудуется в водоносных горизонтах, занимающих промежуточное положение между нижним и верхним (рис.3). При этом точность определения высоты зоны водопроводящих трещин будет тем выше, чем в большем числе водоносных горизонтов будут оборудованы пьезометры.

Наблюдения за уровнями воды в пьезометрах начинаются до подхода забоя первого пласта к наблюдаемому участку и про-





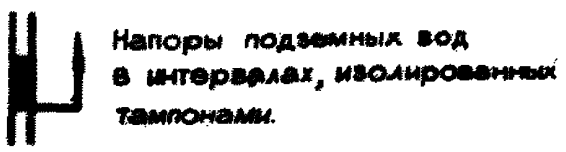


Рис. 3. Схема расположения пьезометров

должаются до окончания периода опасных деформаций после выемки последнего пласта. Высота зоны водопроводящих трещин определяется после выемки каждого пласта как расстояние по нормали к напластованию от кровли верхнего пласта свиты до середины интервала между двумя соседними водоносными горизонтами, содержащими пьезометры, в нижнем из которых напор подземных вод в период или после подработки снижается, а в верхнем остается практически без изменения (в пределах общих колебаний режима подземных вод на данном участке).

Недостатком описанного метода является сравнительно большой объем буровых работ. Поэтому при наличии специального оборудования для изоляции наблюдаемых интервалов высота зоны водопроводящих трещин на определенный момент времени после отработки пласта на данном участке может быть определена методом наблюдений за напорами в процессе бурения специальных гидрогеологических скважин.

Число гидрогеологических скважин для наблюдений за напорами в процессе их бурения должно быть не менее двух. Одна из скважин бурится в неподработанной толще для определения естественных напоров подземных вод, а другая - над выработанным пространством в течение первой половины периода опасных деформаций.

В процессе бурения скважин последовательно определяется напор подземных вод в каждом пересекаемом ими слое или пачке слоев мощностью 10-20 м, изолированном тампоном от вышележащих слоев толщи. Высота зоны водопроводящих трещин определяется , по аналогии с предыдущим методом, как расстояние по нормали к напластованию от кровли пласта до середины расстояния между двумя соседними водоносными горизонтами, в нижнем из которых напор в результате подработки окажется сниженным, а в верхнем останется практически таким же, как и в неподработанной толще.

Для изоляции наблюдаемых интервалов может быть рекомендован унифицированный комплект оборудования УКН с тампоном УТД-I (рис.4) выпускаемый ремонтно-механическим экспериментальным заводом института "Гидропроект" (г.Ленинград), или другие аналогичные комплекты.

Порядок проведения наблюдений в каждом интервале описан ниже, при рассмотрении метода сравнения удельных водопоглощений.

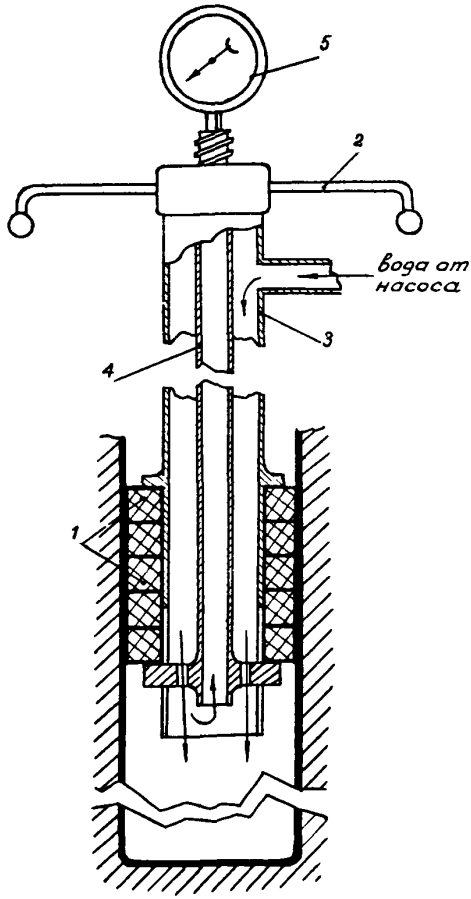


Рис. 4. Схема конструкции тампона УТД-1: 1 – уплотняющие резиновые кольца; 2 – домкрат; 3 – наружная колонна; 5 – манометр

2. Метод сравнения удельных водопоглощений

В тех случаях, когда зона водопроводящих трещин распространяется выше уровня подземных вод, вследствие чего использовать для определения ее высоты метод наблюдений за напорами воды не представляется возможным, искомая величина может определятся путем сравнения результатов поинтервальных опытных нагнетаний в одни и те же породы до и после подработки.[x)] Этим методом, в качестве контрольного можно пользоваться также и в комплексе с проведением наблюдений за напорами в процессе бурения специальных гидрогеологических скважин.

При задании скважин для опытных нагнетаний необходимо иметь ввиду, что полная уверенность в наличии полостей расслоения в опробуемом интервале может иметь место лишь при условии, если скважина будет расположена на участке, где период опасных деформаций еще не закончился, и если опробуемые интервалы не будут попадать в область полных полных сдвижений. В противном случае надежное определение высоты зоны водопроводящих трещин затруднительно.

Определение удельных водопоглощений производится посредством опытных нагнетаний чистой воды в изолированные интервалы в процессе бурения не менее чем двух скважин, одна из которых располагается в неподработанной толще, а другая – над выработанным пространством. Для изоляции опробуемых интервалов и проведения нагнетаний используется упомянутый выше комплект УКН с тампоном УТД-1.

Рыхлые отложения в скважине перекрываются кондуктором диаметром не менее 150 мм.

Бурение в коренных породах производится с отбором керна и с промывкой чистой водой. Диаметры бурения ниже башмака кондуктора принимаются равными 90–131 мм.

В процессе бурения скважин последовательно определяется напор подземных вод и производятся опытные нагнетания в каждом пересекаемом скважиной слое пород или пачке слоев мощностью около 20 м в скважине, располагаемой в неподработанной толще, и около 10 м в скважине, располагаемой над выработанным пространством.

Длина интервалов может быть несколько изменена в соот-

---

x) Применение с указанной целью опытных нагнетаний предложено И.В.Хохловым /4/. Методика интерпретации результатов нагнетаний разработана ВНИМИ /5,6/.

ветствии с геологическим разрезом. Интервалы выбираются так, чтобы, по возможности, опробовались отдельные геологические разности. Уплотнитель тампона устанавливается в водоупорных породах (аргиллитах, алевролитах и т.п.). Длина колонки резиновых колец уплотнителя тампона в свободном состоянии должна быть не менее 0,5 м.

При применении метода наблюдений за напорами и метода сравнения удельных водопоглощений опыт в каждом опробуемом интервале производится в следующем порядке.

I) По достижении заданной глубины бурение скважины прекращается и производится ее промывка до тех пор, пока из устья не начнет выходить совершенно чистая вода[x)].

2) Поднимается буровой снаряд и делается несколько измерений глубины уровня воды в скважине.

3) Производится спуск тампона и сжатие его колец на заданной глубине с точностью 0,5-I м. Во избежание аварий, сжатие уплотнителя допускается на величину не более 30-40% от суммарной высоты резиновых колец. Если при достижении указанного сжатия домкратный винт продолжает вращаться достаточно свободно, значит, в этом месте скважина сильно разработана и изоляция интервала не будет достигнута. В подобных случаях освобождается домкратный винт и тампон перемещается в более прочные породы.

Для спуска колонны тампона, как правило, используются ниппельные трубы диаметром 89 мм и штанги диаметром не более 50 мм. Переходник от штанг к натяжному винту должен быть изготовлен с таким внутренним отверстием , чтобы через него свободно проходил наконечник электроуровнемера.

4) После сжатия уплотнителя тампона измеряются следующие величины:

а) превышение верха наружных труб над устьем скважины;

б) превышение верха домкратного винта над устьем скважины;

в) сжатие тампона (определяется как разность между подъемом верха домкратного винта и зазором между верхом резиновых колец и переходником).

Глубина установки низа уплотнителя H_y определяется по формуле

$$H_y = L_T - \Delta L + T_д - \Delta T, \qquad (I)$$

x) Если при бурении происходит полная потеря воды, время промывки устанавливается по опыту.

где $L_т$ - длина колонны наружных труб, м;

ΔL - превышение верха наружных труб над устьем скважины, м;

$T_д$ - длина уплотнителя, м;

ΔT - сжатие уплотнителя, м.

5) Производятся наблюдения за уровнем воды в опробуемом интервале путем опускания в штанги провода электроуровнемера. После установления постоянного уровня извлекается уровнемер, после чего на верх домкратного винта устанавливается манометр.

6) Производится промывка трещин в опробуемом интервале, для чего под тампон подается вода под давлением 3-3,5 ат (по манометру). До подъема воды до устья скважины кран, расположенный на головке тампона, остается открытым для выпуска воздуха из пространства между трубами и штангами. Нагнетание при упомянутом давлении ведется до получения шести-восьми мало отличающихся замеров расхода.

Во время поддержания высокого давления в интервале проверяется надежность его изоляции тампоном и плотность всех соединений. Так, например, подъем воды над тампоном в пространстве между наружными трубами и стенками скважины свидетельствует о том, что тампон сжат плохо. Если дополнительное сжатие тампона (в пределах максимально допустимой величины) не дает нужного результата, тампон перемещается в более прочные породы (см.п.3).

7) По окончании нагнетания с высоким давлением производится восстановление естественного уровня воды в интервале. Для этого с домкратного винта снимается манометр и открывается упомянутый выше воздушный кран на головке тампона. Наблюдения за уровнем производятся до получения не менее трех одинаковых измерений.

8) При применении метода сравнения удельных водопоглощений после восстановления естественного уровня воды в наблюдаемом интервале скважины производятся нагнетания под тампон при трех различных ступенях напора.

Во время нагнетаний воды в скважину на первой ступени напора уровень воды во внутренней колонне тампона или его продолжение в виде давления на манометре поднимается выше естественного уровня в интервале не более чем на 5-10 м, на второй -15-20м и на третьей - 25-30 м. При этом нельзя допускать, чтобы давление в испытуемом интервале скважины в атмосферах превышало 12%

глубины интервала в метрах. Например, напор в 30 м водяного столба (3 ат) может допускаться при нагнетаниях на глубинах более 25 м от поверхности.

При проведении опытов в скважинах, расположенных над выработанным пространством, при нагнетаниях можно допускать и меньшие напоры, если производительность нагнетающего насоса не ниже 200 л/мин.

Во время нагнетаний и восстановлений уровня наблюдения за расходом (по водомеру) и уровнем (по электроуровнемеру) производятся через каждые 5 минут. Нагетание на каждой ступени напора продолжается до получения восьми мало отличающихся измерений уровня и расхода.

9) После завершения нагнетания на последней ступени напора вновь производится восстановление естественного уровня воды в интервале.

I0) По окончании опыта тампон демонтируется и продолжается бурение скважины до забоя следующего интервала или подошвы следующего водоносного горизонта.

II) Напор подземных вод над кровлей опробуемого интервала $H_{ки}$ определяется по формуле

$$H_{ки} = H_{у} + \Delta H - H_{ву} , \qquad (2)$$

где $H_{у}$ - глубина установки низа уплотнителя;

ΔH - превышение верха домкратного винта над устьем скважины;

$H_{ву}$ - глубина установившегося уровня воды от верха домкратного винта (по результатам последнего восстановления уровня).

Результаты измерений, полученные в процессе опыта в каждом интервале скважины, заносятся в специальный журнал (образец журнала см.в приложении).

При приближении забоя скважины к выработанному пространству после установки тампона и сжатия уплотнителя может наблюдаться движение воздуха по штангам вверх или вниз. Указанное явление свидетельствует о наличии в толще между выработанным пространством и почвой опробуемого интервала сообщающихся трещин.

Удельное водопоглощение в опробуемом интервале определяет-

ся следующим образом:

а) определяется глубина установки низа уплотнения тампона $H_у$ (п.4);

б) по разности между глубиной забоя скважины и глубиной установки низа уплотнителя тампона определяется длина опробуемого интервала l ;

в) по разности между уровнем, поднятым в процессе нагнетания на заданной ступени напора, и установившимся естественным уровнем в испытуемом интервале, измеренными от верха винта тампона определяется величина напора $h_в$ в метрах водяного столба;

г) по результатам нагнетания на всех ступенях определяются самые устойчивые показания расходов Q в л/мин. и напоров $h_в$ в м. водяного столба (п.8);

д) строится график зависимости $Q = f(h_в)$, и, если этот график искривляется в сторону оси Q от прямой, проведенной через начало координат, то опыт проведен неправильно и его необходимо повторить;

е) определяется удельное водопоглощение q по формуле

$$q = \frac{Q}{l \cdot h_в}, \quad л/мин.м^2, \qquad (3)$$

где величины Q и $h_з$ соответствуют концу участка графика $Q = f(h_в)$ наиболее близкого к линейному.

Высота зоны водопроводящих трещин по результатам определения удельных водопоглощений в различных слоях толщи до и после подработки определяется как расстояние по нормали к напластованию от кровли разрабатываемого пласта до кровли слоя, выше которого соблюдается условие $q \leqslant q_п$, а ниже – $q > q_п$, где q – удельное водопоглощение данного слоя в подработанной толще, $q_п$ – удельное водопоглощение, предрассчитываемое для того же слоя, предполагая наличие в нем только трещин расслоения, и определяемое по формуле:

$$q_п = q_ч \frac{\lg \frac{R}{r}}{0{,}25 \frac{l}{r_п} + \lg\left(1 + \frac{R}{r_п}\right)}, \quad л/мин.м^2 \qquad (4)$$

где $q_ч$ – удельное водопоглощение в данном слое в неподработанной толще, л/мин.м^2;

R – расчетный радиус влияния, м;

r – радиус скважины, м;

t – длина опробуемого интервала в проекции на нормаль к напластованию (мощность слоя), м;

$r_п$ – приведенный радиус полости расслоения, м.

Расчетный радиус влияния R определяется по формуле[x)]

$$R = 260\sqrt{\pi k t}. \qquad (5)$$

где k – естественный (в ненарушенном состоянии) коэффициент фильтрации пород в рассматриваемом слое, м/сутки;

t – продолжительность опытного нагнетания в том же интервале подработанной толщи, сутки.

Приведенный радиус полости расслоения определяется по формуле

$$r_п = \frac{P}{2\pi} \qquad (6)$$

где P – периметр внешнего контура полости расслоения, м, определяемый следующим образом:

а) если период опасных деформаций над выемочным столбом на момент проведения опытных нагнетаний еще не закончился – по формуле

$$P = 2\,(Д + В) - 3\,Н, \qquad (7)$$

где $Д$ – длина лавы по падению, м;

$В$ – размер выработанного пространства по простиранию, м;

$Н$ – расстояние по нормали к напластованию от кровли пласта до почвы опробуемого интервала, м;

б) при наличии в пределах отработанного выемочного столба участка, над которым период опасных деформаций на момент проведения опытных нагнетаний закончился – по формуле

$$P = 2\,(Д + B_0 - Н), \qquad (8)$$

---

x) Формула справедлива для пород с коэффициентом упругоемкости, изменяющимся в пределах $0{,}31.10^{-3}$–$0{,}46.10^{-3}$ т/м^2.

где B_0 – длина по простиранию участка выемочного столба, над которым к моменту проведения опытных нагнетаний период опасных деформаций еще не закончился, м.

Определение высоты зоны водопроводящих трещин методом наблюдений за напорами в процессе бурения гидрогеологических скважин и методом сравнения удельных водопоглощений во многих случаях может быть выполнено значительно более эффективно с помощью восстающих скважин, задаваемых из выработок, оконтуривающих лаву. Направление, наклон и глубина скважины определяются в зависимости от расположения ее устья и угла падения пласта с таким расчетом, чтобы скважина пересекала верхнюю границу зоны водопроводящих трещин. Проведение исследований в восстающих скважинах обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с аналогичными исследованиями в скважинах, пробуренных с земной поверхности:

а) значительное сокращение объемов бурения;

б) возможность применения более легкого бурового оборудования;

в) возможность использования уже имеющихся в подземных выработках транспортных связей, силовых передач и водопроводов, специальное сооружений которых на поверхности требует больших затрат оборудования, времени и труда;

г) отсутствие необходимости изоляции наблюдаемого интервала от поверхностных вод и установки для этого длинных колонн обсадных труб;

д) значительное упрощение процесса наблюдения за напорами воды, которые во всех случаях фиксируются манометром.

Принципы наблюдений за напорами и опытных нагнетаний, оборудование для изоляции наблюдаемых интервалов и расчеты удельных водопоглощений остаются теми же, что и для скважин, направленных вниз. При этом, если наклон скважины к горизонту превышает 25°, в расчетах могут применяться зависимости, установленные для вертикальных скважин /7/.

3. Примеры определения высоты зоны водопроводящих трещин в натурных условиях

Для облегчения пользования рекомендациями "Методических указаний" ниже приводятся наиболее характерные примеры определений высоты зоны водопроводящих трещин описанными методами,

выполненных ВНИМИ в различное время в связи с решением конкретных вопросов выемки угольных пластов под водными объектами[x].

Примером комплексного применения различных методов определения высоты зоны водопроводящих трещин являются исследования, выполненные на шахте "Пионерка" (Беловское месторождение Кузбасса) с целью установления условий безопасной выемки пластов № 9 и IO под рекой Бачат.

Мощность пластов на участке наблюдений I,8 м, расстояние между пластами 33 м. Подрабатываемая толща представлена чередованием аргиллитов, алевролитов и песчаников. Выемка пластов производилась длинными столбами с полным обрушением кровли.

Для определения высоты зоны водопроводящих трещин над пластом № 9 после его выемки и последующей подработки пластом № IO на участке было оборудовано четыре пьезометра (рис.5). Тем самым под наблюдение были поставлены водоносные горизонты, приуроченные к слоям песчаников, расположение которых относительно разрабатываемых пластов показано в табл. I.

Таблица I

№№ скважин-пьезометров	Расстояние по нормали к напластованию от почвы наблюдаемого интервала до кровли пласта № 9 N, м	Отношение расстояния N к мощности пласта № 9	Отношение расстояния N к суммарной мощности пластов №№ 9 и IO
3284	35	20	IO
3334	63	35	I8
3335	85	47	24
3336	II6	64	32

В скважине № 3284 напор воды над почвой наблюдаемого водоносного горизонта до подработки достигал I55 м. После подработки пластом № 9 наблюдаемый интервал оказался полностью осушенным и по скважине наблюдалось движение воздуха в шахту, что указывает на возникновение в толще между этим интервалом и выработанным пространством сообщающихся трещин.

---

x) В полевых исследованиях, упомянутых в примерах, принимали участие научные сотрудники Казахского филиала ВНИМИ Г.А.Нестеров и А.С.Ведяшкин, а также работники геологических служб Г.М.Атаманов, В.И.Ероцкий и Р.А.Райх.

Графики изменения напоров в водоносных горизонтах, наблюдаемых в скважинах №№ 3334-3336 при различных положениях забоев лав по пластам №№ 9 и I0 представлены на рис. 6. Из рисунка видно, что изменение напоров воды в интервалах, наблюдаемых в скважинах №№ 3335 и 3336, в течение всего периода подработки практически не выходило за пределы общего колебания режима подземных вод в районе шахтного поля. Напор в интервале, наблюдаемом в скважине № 3334, резко снизился после ее подработки пластом № 9, достигнув минимальной величины при удалении забоя лавы от скважины на 35 м. Неполное осушение наблюдаемого слоя указывает, что он находился, по-видимому, у самой верхней границы зоны водопроводящих трещин. Верхняя граница этой зоны может быть отнесена к середине расстояния между почвами интервалов, наблюдаемых в скважинах №№ 3334 и 3335, и, таким образом, в данном случае высота ее над пластом № 9 оказывается равной 74 м, т.е. 4I-кратной вынимаемой мощности пласта. Подработка пьезометров пластом № I0 не привела, как показывают графики (рис.6), к сколько-нибудь заметному снижению напоров. Отсюда следует, что выемка пласта № I0 под выработанным пространством пласта № 9 не оказала влияния на высоту зоны водопроводящих трещин. Причиной этому, по всей вероятности, является компенсация деформаций пород на верхней границе зоны водопроводящих трещин при данном взаимном расположении лав по обоим пластам.

Во время бурения скважин № 3334-3336 производились поинтервальные опытные нагнетания, позволившие определить фильтрационные характеристики пород в неподработанном состоянии, а также определялись естественные напоры подземных вод в последовательно проходимых интервалах. Для изоляции наблюдаемых интервалов и опытных нагнетаний использовался комплект оборудования УКН.

Для получения дополнительных данных о высоте зоны водопроводящих трещин над выработанным пространством пласта № 9 аналогичные нагнетания и измерения напоров были выполнены в скважине № 3337, пробуренной над лавой № 9I8 (рис.5). Скважина была задана в точке, после подработки которой прошло около I,5 месяцев, и остановлена в 20 м от кровли пласта. Результаты опытных нагнетаний и измерений напора приведены в табл. 2.

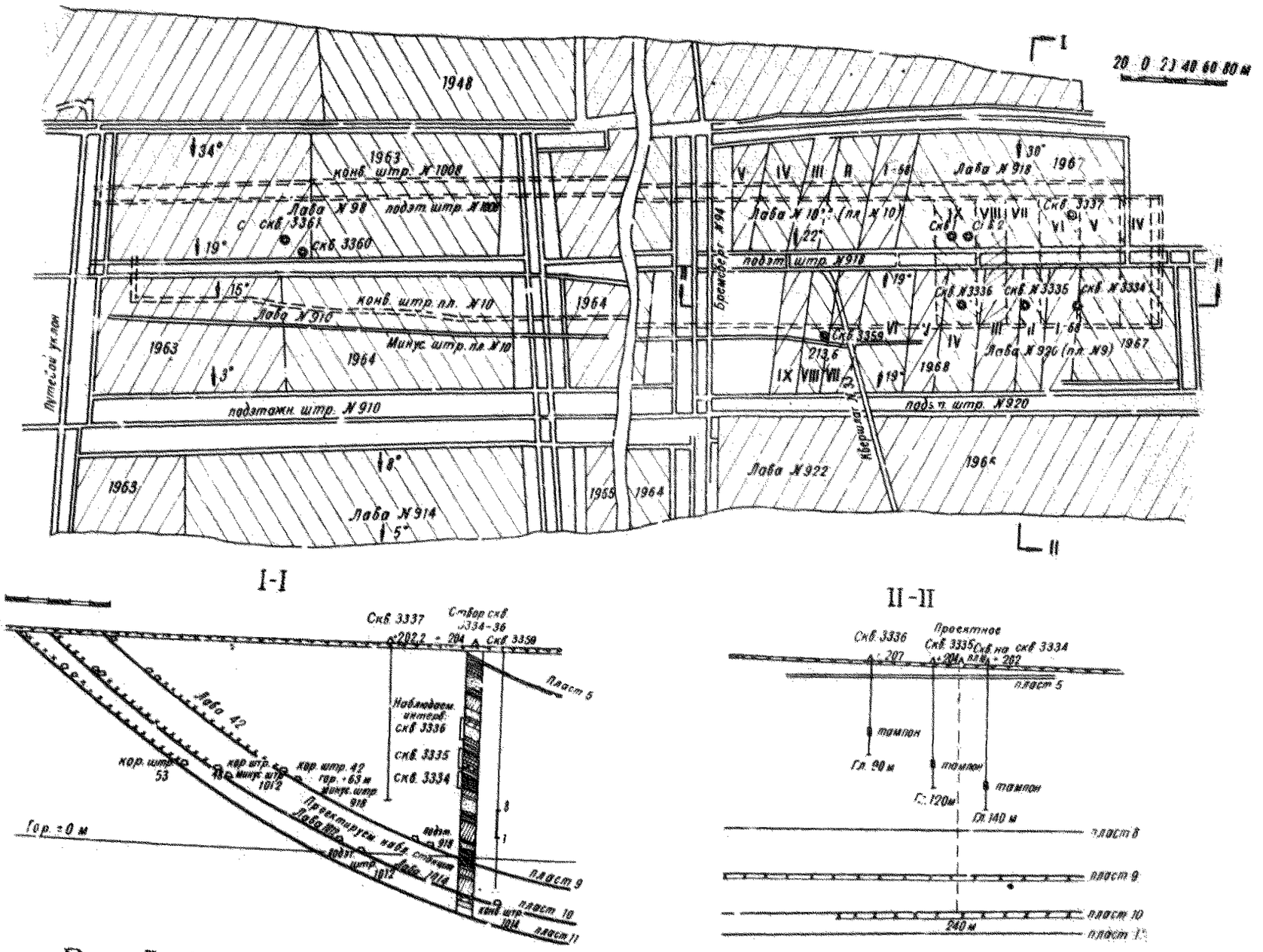


Рис. 5. Участок натурных исследований на шахте "Пионерка"

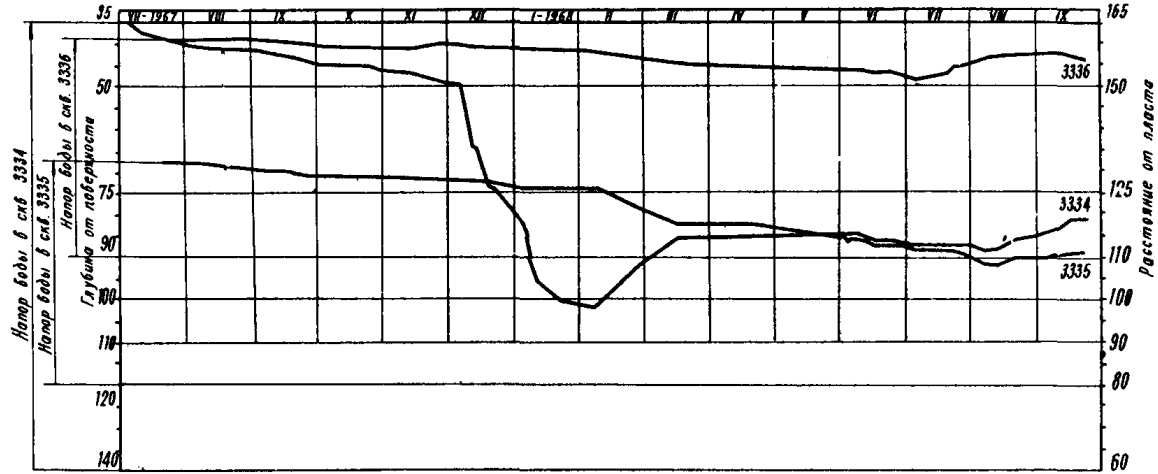


Рис. 6. Наблюдения за уровнями воды в пьезометрах на шахте "Пионерка"

Таблица 2

Глубина интервалов скважины № 3337, м	Отношение расстояния по нормали к напластованию от кровли пласта № 9 до низа интервала к вынимаемой мощности пласта	Удельные водопоглощения, л/мин.м^2			Сведения о напорах подземных вод
		Среднее по скв.№ 3334-3336 $q_ч$	по формуле (4) $q_п$	по скв. № 3337 q	
42,I - 69,4	50	0,I2	0,29	0,2I	Сохраняется естественный напор
69,5 - 94,2	43	0,040	I,40	I,50	-"- "-"
84,2 - 89,I	39	0,00I	0,05	2,50	Напор снижен на I7-20 м
89,2 - I03,8	32	0,00I	0,05	I,50	-"- -"-
I03,8 - II5,0	28	0,00I	0,05	3,43	Породы полностью осушены.
II5,0 - II9,I	27	0,00I	-	-	По скважине наблюдается движение воздуха из выработанного пространства
II9,I - I34,2	2I	0,0003	-	-	
I34,2 - I48,0	9	0,0003	-	-	

В интервале глубин II5-I48 м определить удельные водопоглощения подработанной толщи q не представлялось возможным, так как имеющиеся в наличии насосы не могли обеспечить расход, позволяющий поднять уровень воды над низом интервала.

Из табл.2 видно, что на удалении от пласта более 43 m (m - вынимаемая мощность пласта) практически выдерживается неравенство $q \leqslant q_п$, а начиная с расстояния 39 m $q \gg q_п$ Начиная с этого же интервала наблюдается снижение напора подземных вод. Отсюда следует, что верхняя граница зоны водопроводящих трещин находится примерно в середине интервала 39-43 m, считая от кровли пласта № 9, и, таким образом, высота зоны водопроводящих трещин, как и по результатам наблюдений пьезометров в скважинах № 3334-3336, равна 4I m.

В данном случае определение высоты зоны водопроводящих трещин на одном участке различными методами является хорошим контролем надежности получаемых результатов.

Примером применения метода наблюдений за напорами в процессе бурения специальных гидрогеологических скважин являются исследования, выполненные на шахте им.С.М.Кирова (Ленинское месторождение Кузбасса) с целью установления возможности выемки пласта Поленовского под руслом и заливаемой поймой реки Иня.

Мощность пласта на участке наблюдений (рис.7) - I,7 м, угол падения 5-6°, глубина залегания I20-200 м. Толща коренных пород представлена переслаиванием аргиллитов, алевролитов и песчаников.

Напоры подземных вод в различных слоях толщи в естественном состоянии и после подработки определялись в процессе бурения двух специальных скважин, одна из которых (№ 8932) располагалась над целиком, а другая (№ 8933) была пробурена над выработанным пространством до окончания периода опасных деформаций. Измерение напоров производилось в интервалах, изолированных от вышележащих пород с помощью тампона УТД-I, через каждые I0-20 м.

Результаты этих измерений представлены на рис.8.

В скважине № 8933, расположенной над выработанным пространством, напоры воды, равные естественным, отмечались до глубины II5 м.

Нижележащие слои пород оказались сначала частично, а, с приближением к пласту, и полностью осушенными. Из полностью осушенных интервалов наблюдалось выделение больших количеств шахтного воздуха, свидетельствующее о наличии между этими интервалами и выработанным пространством сообщающихся трещин значительных размеров.

Из рис.8 видно, что верхняя граница зоны водопроводящих трещин была пересечена скважиной № 8933 на отметке - 55-60 м, т.е. на расстоянии 65-70 м от кровли пласта Поленовского.

Другим примером применения метода наблюдений за напорами в процессе бурения специальных гидрогеологических скважин являются исследования на шахте № 4 Чурубай-Нуринской в Карагандинском бассейне. Целью исследований являлось определение высоты зоны водопроводящих трещин в коренных породах при выемке пласта $К_{I2}$ для установления условий безопасной выемки этого пласта под руслом и аллювиальным потоком реки Чурубай-Нура.

Угол падения пласта $К_{I2}$ на рассматриваемом участке I3-20°, вынимаемая мощность 2 м.

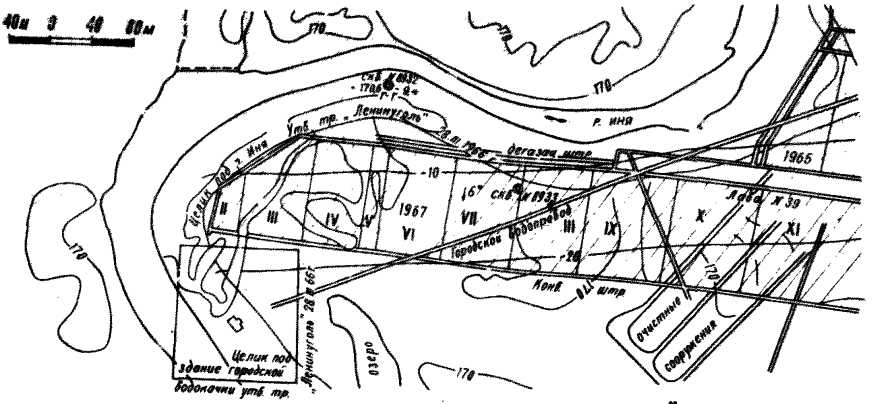


Рис. 7. Участок натурных исследований на шахте им. С.М.Кирова

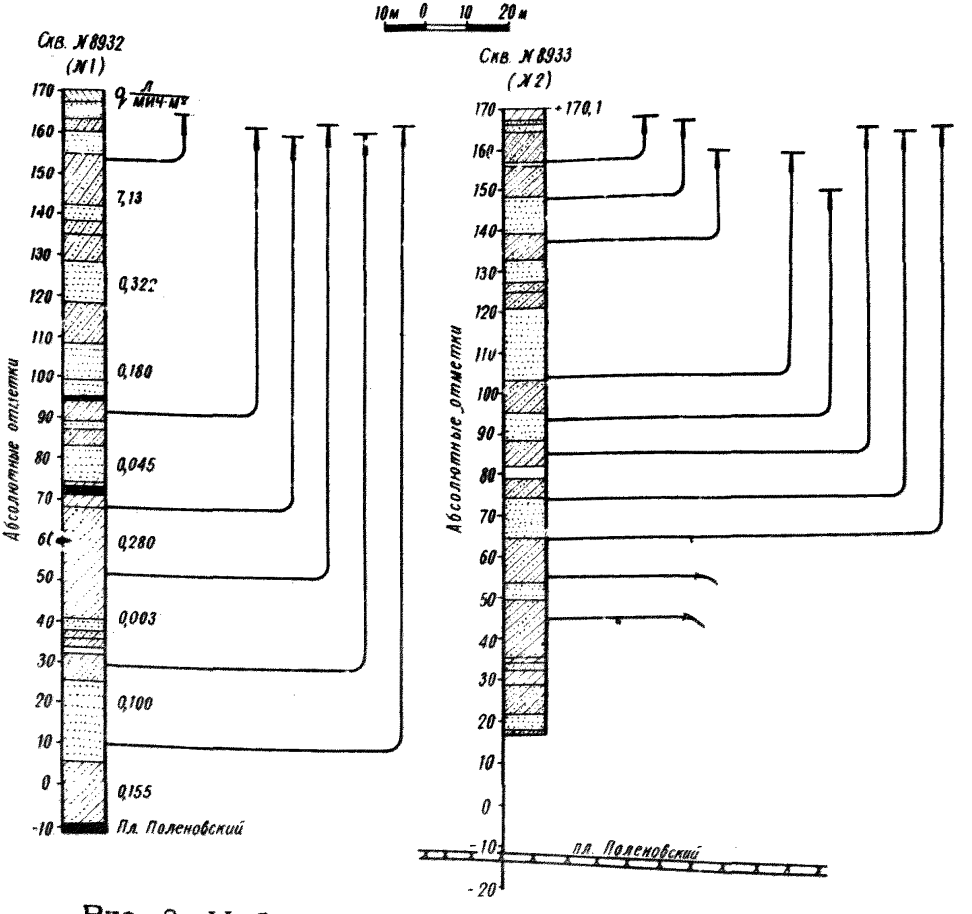


Рис. 8. Наблюдения за напорами воды в процессе бурения гидрогеологических скважин на шахте им. С.М.Кирова

Исследования проводились на восточном крыле шахты (рис.9). Толща коренных пород на участке представлена переслаиванием песчаников и глинистых пород (аргиллитов, и алевролитов). Породы карбона перекрываются неогеновыми глинами, мощность которых составляет 60 м. Управление кровлей осуществлялось полным обрушением. Непосредственная кровля представлена аргиллитами мощностью 2-4 м, в основной кровле залегает мощный слой песчаника, достигающий 40-50 м.

Напоры подземных вод в различных слоях толщи в естественном состоянии и после подработки определялись в процессе бурения двух гидрогеологических скважин, одна из которых (№ I207I) располагалась над целиком, а другая (№ I2067) - над выработанным пространством восточной лавы 2-го горизонта пласта $К_{I2}$. Измерение напоров производилось в интервалах, изолированных от вышележащих пород с помощью тампона УТД-I, через каждые 20 м в скважине № I207I и через каждые I0 м в скважине № I2067. Скважина № I207I имеет глубину 2I0 м, скважина № I2067 пройдена до глубины I57 м.

Результаты наблюдений за напорами в обеих скважинах представлены на рис.9. Из рисунка видно, что в скважине № I207I (над целиком) уровни воды практически во всех пересекаемых слоях устанавливались на глубине I-II метров от земной поверхности. В скважине № I2067 (над выработанным пространством) уровни несколько ниже, что объясняется, по-видимому, дренированием воды в выработанное пространство лав верхнего и нижнего подэтажей пласта $К_{I2}$. Однако разница в уровнях, по сравнению с уровнями в скважине № I207I, не превышала 25 м, не считая последнего интервала скважины № I2067.

В этом интервале (I25-I57 м) уровень воды замерялся непосредственно в скважине (без тампона) и составил 63 м от земной поверхности. При бурении этого интервала происходила полная потеря воды, а при промывке его поднять уровень воды в скважине до поверхности не удавалось даже при значительном расходе (до I40 л/мин.). Это указывает на наличие между указанным интервалом и выработанным пространством сообщающихся трещин.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что верхняя граница зоны водопроводящих трещин над восточной лавой среднего подэтажа пласта $К_{I2}$ находится в интервале глубин I25-I57 м,

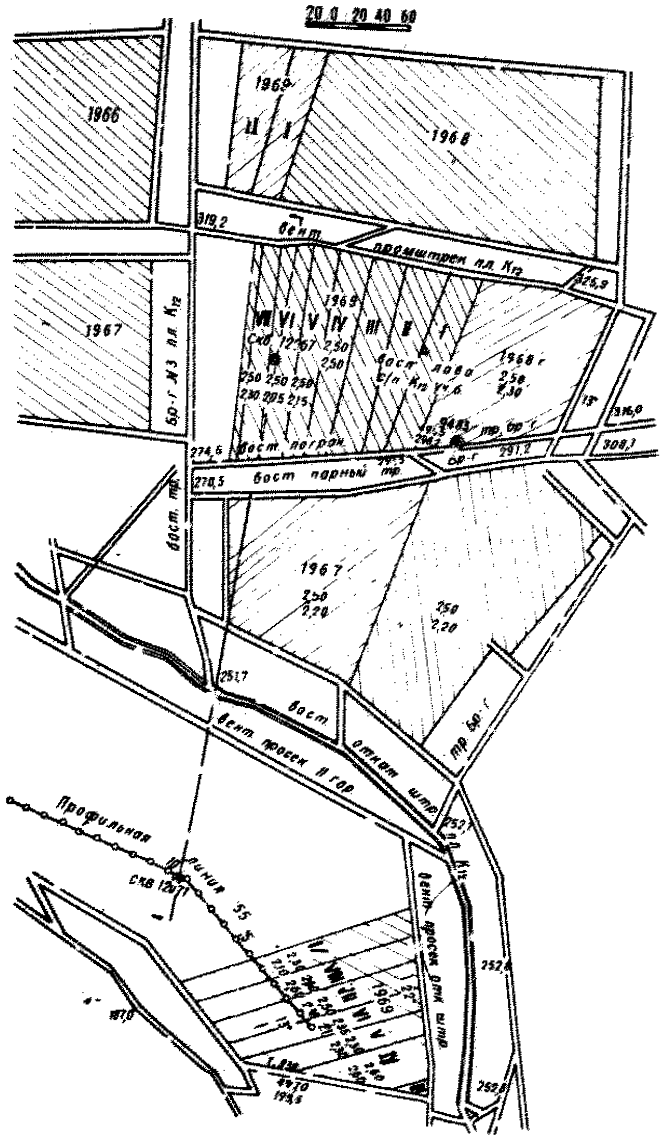


Рис. 9. Определение высоты зоны водопроводящих трещин на шахте № 4 Чуру-бай -Нуринская

не распространяясь выше залегающего в этом интервале слоя аргиллита. Следовательно, высота этой зоны при выемке пласта $К_{I2}$ составила (считая по нормали к напластованию) примерно 70 м, что соответствует его 35-кратной вынимаемой мощности.

В качестве примера применения метода сравнения удельных водопоглощений можно привести результаты исследований, выполненных на шахте Чертинская-I (Чертинское месторождение Кузбасса) для выяснения возможности выемки под рекой Бачат пласта № 2, мощность которого на участке наблюдений составляла в среднем I,4 м, угол падения 8^0, а в подрабатываемой толще преобладали песчаники.

Для определения высоты зоны водопроводящих трещин, образующийся при выемке пласта № 2, было пробурено две скважины, одна из которых (№ I54) располагалась над целиком, а другая (№ I55)- над выработанным пространством лавы № 40 (рис.I0). В обеих скважинах в процессе их бурения проводились опытные нагнетания. Поскольку уровень подземных вод на участке был существенно снижен в результате многолетнего дренирования соседними горными выработками по четырем пластам, произвести наблюдения за изменением напоров в различных слоях пород подработанной толщи не представилось возможным.

Результаты опытных нагнетаний в скважинах №№ I54 и I55 приведены в табл. 3.

Таблица 3

Глубина опробуемых интервалов в скважине № I55, м	H / m	Удельные водопоглощения, л/мин.м^2		
		$q_ч$ (по скв.№I54)	$q_п$ по формуле(4)	q (по скв.I55)
43,0 - 62,0	54	0,0I0	0,080	0,024
62,0 - 84,7	89	0,002	0,030	0,020
84,9 - I00,0	26	0,005	0,050	0,300
I00,0 - I20,0	I3	0,005	0,050	I,C00

Из таблицы видно, что удельное водопоглощение в подработанной толще q становится больше расчетной величины $q_п$ начиная с глубины 84,9 м. В интервале глубин 43,0 - 62,0 м и выше $q_ч < q_п$. Достоверно определить величину $q_п$ в промежуточном интервале 62,0-84,7 м не удалось по техническим причинам. Поэтому с достаточной достоверностью можно утверждать, что зона

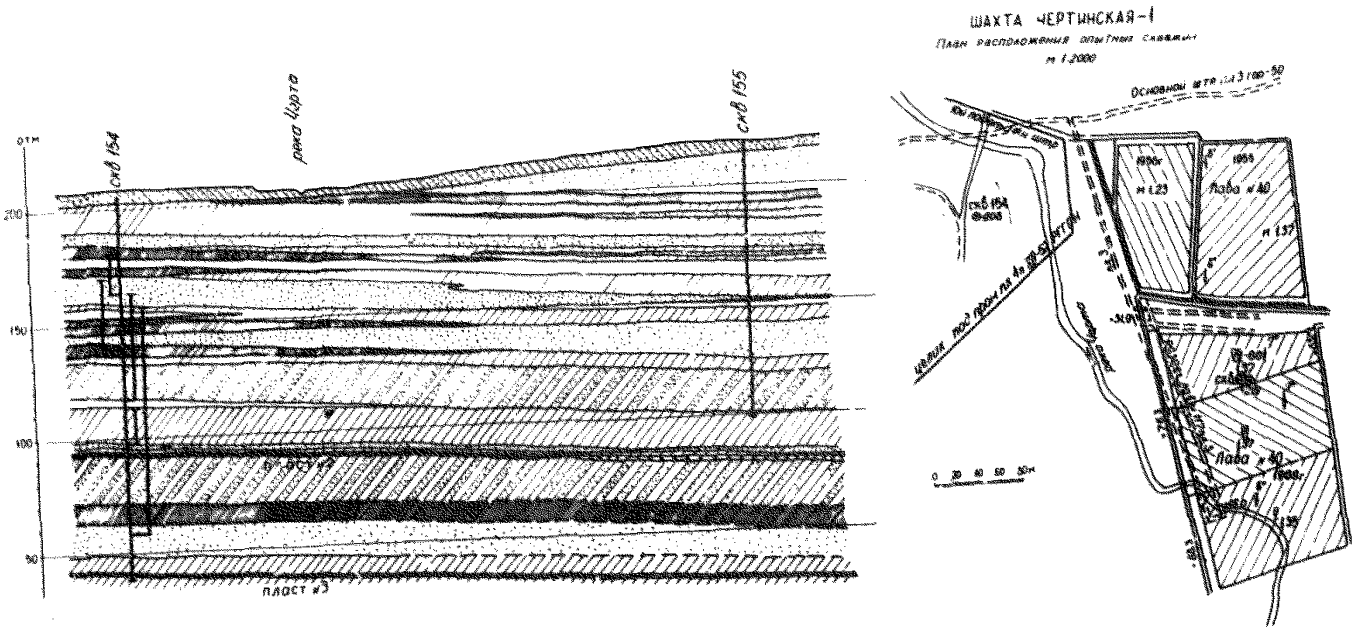


Рис. 10. Участок натурных наблюдений на шахте Чертинская-1

водопроводящих трещин над пластом № 2 не распространяется выше слоя алевролитов, почва которого удалена от кровли пласта на расстояние 70 м, соответствующее 50-кратной вынимаемой мощности пласта.

Проведенные исследования показали, что разработанные во ВНИМИ методы определения высоты зоны водопроводящих трещин над выработанным пространством в натурных условиях обеспечивают достаточно надежные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шалагинов Н.Ф. Опредение условий безопасной выемки угля под водоемами (по результатам обобщения опыта подработки водоемов в Советском Союзе). Труды ВНИМИ, сб.36, 1959.
2. Кацнельсон Н.Н., Гусев В.В., Гвирцман Б.Я. Подработка затопленных выработок в Донецком бассейне. Труды ВНИМИ, сб.52,1964.
3. Кацнельсон Н.Н., Гвирцман Б.Я. Предотвращение прорывов воды из обводненных юрских отложений на Осинсвском месторождении Кузбасса. Труды ВНИМИ, сб.64,1968.
4. Хохлов И.В., Шерстнев Н.В., Феданов В.П., Зайцев С.И. Разработка угольных месторождений Печорского бассейна. Госгортехиздат, 1960.
5. Стрельский Ф.П. Оценка водопроницаемости пород подработанной угленосной толщи (на примере Кузбасса). Изв.высш.учебн. заведений. Геология и разведка, 1970, № 9.
6. Гвирцман Б.Я. Определение высоты зоны водопроводящих трещин по результатам опытных нагнетаний. Труды ВНИМИ, сб.72, 1969.
7. Гвирцман Б.Я., Стрельский Ф.П. Изучение фильтрационных свойств подработанной толщи горных пород с помощью восстающих скважин. Труды ВНИМИ, сб. 67, 1967.

Приложение

Образец журнала для записи результатов опытных нагнетаний

Комбинат _____ Шахта _____

Журнал опытного нагнетания № ____ в скважине № _____

Интервал опробования с гл. _____ до _____ м
Глубина забоя скважины _____ м
Глубина уровня воды в скважине _____ м
Длина тампона _____ м
Количество резиновых колец _____ шт.
Размеры колец _____
Диаметр труб _____
Диаметр штанг _____
Насос _____
Водомер _____
Измеритель уровня _____

Состав колонны тампона:

№№ п/п	Трубы		Штанги	
	одна труба	колонна	одна штанга	колонна
I	2	3	4	5

Примечание. В процессе сборки тампона в графе (3) фиксируется суммарная длина всех одиночных труб внешней колонны тампона, а в графе (5) - внутренней.

Превышение верха труб над устьем _____ м
Величина сжатия тампона _____ м
Глубина низа уплотнителя тампона _____ м
Длина опробуемого интервала _____ м
Превышение винта над устьем скважины _____ м

Результаты нагнетания и измерения уровней:

Дата	Время	Промежуток времени между измерениями, мин	Отсчет по водомеру, л	Разница отсчетов, л	Расход, л/мин	Давление на манометре, ат	Глубина уровня от верха винта, м	Примечания
I	2	3	4	5	6	7	8	9

Подписи ответственного исполнителя и руководителя работ.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

ВВЕДЕНИЕ 3

I. Метод наблюдений за изменением напора подземных вод 6

2. Метод сравнения удельных водопоглощений I2

3. Примеры определения высоты зоны водопроводящих трещин в натурных условиях I8

Л И Т Е Р А Т У Р А 30

Приложение. Образец журнала для записи результатов опытных нагнетаний 3I

Печ. цех ВНИМИ Зак.№ 9 Тираж 600

30.I.73 М-07053 Объем I п.л. Цена I6 коп.

gost.e-ecolog.ru