Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. XX, вып. 2, 1976 г.

УСЛОВИЯ ВЫЕМКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПОД ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

А.С.Миронов

В горном деле к водным объектам принято относить поверхностные водотоки и водоемы, водоносные горизонты и затопленные выработки, угрожающие производству горных работ или же представляющие народнохозяйственную ценность (охраняемые).

Горные работы под водными объектами оказывают на них вредное влияние, нарушая равновесие природных условий в результате сдвижения горных пород, вызывая дренирование подземных и поверхностных вод горными выработками и оседание земной поверхности. В то же время разработка полезных ископаемых под водными объектами угрожает нормальной деятельности горнодобывающего предприятия и безопасности людей. Эта угроза связана с тем, что при сдвижении горных пород в подрабатываемом массиве образуется зона водопроводящих трещин - комплекс нормальносекущих трещин и трещин расслоения, связанных между собой и с выработанным пространством, которые при распространении до водного объекта могут повлечь за собой значительные притоки воды, внезапные ее прорывы и затопление шахты.

В правилах по охране сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок безопасная глубина разработки под водными объектами для различных бассейнов установлена на основе обобщения результатов подработок водных объектов в них. В соответствии с безопасной глубиной назначены и размеры предохранительных целиков под водными объектами, полностью исключающие возможность прорыва воды в горные выработки. Естественно, что основанная на обобщенных нормах безопасная глубина подработки водных объектов существенно превышает действительную. Это подтверждает и анализ подработки водных объектов в некоторых бассейнах.

В предохранительных целиках, построенных согласно действующим нормативным документам, законсервированы огромные запасы полезного ископаемого. Выемка даже части этих запасов значительно сократит потери

ископаемого сырья в недрах и снизит общую себестоимость его добычи. Согласно правилам охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок промышленная разработка полезного ископаемого в пределах предохранительного целика под водным объектом (выше безопасной глубины) не допускается до проведения специальных исследований, которые сводятся к установлению высоты зоны водопроводящих трещин в конкретных горно-геологических условиях. Таким образом, высота зоны водопроводящих трещин является основным критерием, определяющим пути сокращения потерь полезного ископаемого в недрах за счет расконсервации предохранительных целиков под водными объектами, охраняемыми или угрожающими производству горных работ.

Для проведения специальных исследований во ВНИМИ разработан ряд полевых методов, с помощью которых надежно определяется высота зоны водопроводящих трещин в конкретных условиях. К ним относятся: метод наблюдений за напорами подземных вод в слоях пород, залегающих на различном удалении от разрабатываемого пласта; метод сравнения удельных водопоглощений в различных слоях пород до и после их подработки; метод расходометрического каротажа и метод наблюдений за поровым давлением. Эти методы выгодно отличаются от других, базирующихся на статистическом обобщении, моделировании или аналитических расчетах, тем, что практически учитывают весь комплекс естественных и искусственных факторов, определяющих развитие зоны водопроводящих трещин. С помощью гидрогеологических наблюдений можно разделять всю толщу слоистых горных пород над выработанным пространством на две части: верхнюю, практически не имеющую тесной гидравлической связи с выработкой, и нижнюю, имеющую такую связь. Определение границы между этими частями толщи имеет большое практическое значение, так как позволяет установить оптимальную глубину безопасной подработки водных объектов.

Метод наблюдений за напорами подземных вод основан на том, что на обводненных участках толщи водоносные горизонты, захваченные зоной водопроводящих трещин, дренируются в выработанное пространство, и напор в них существенно снижается или исчезает. При этом выше зоны водопроводящих трещин проницаемость относительных водоупоров (глинистых пород) практически не изменяется и в водоносных горизонтах, залегающих над ними, режим подземных вод сохраняется достаточно близким к естественному. Метод наблюдений за напорами подземных вод имеет две модификации: 1) наблюдения с помощью пьезометров; 2) наблюдения в изолированных интервалах специальных гидрогеологических скважин в процессе их бурения.

Метод наблюдений за напорами с помощью пьезометров можно применять только в обводненной толще при отсутствии специального оборудования (тампонов, электроуровнемеров и др.), при необходимости проведения наблюдений за развитием высоты зоны водопроводящих трещин во времени, а также при многократной подработке участка. Пьезометры на опытном участке оборудуют до подхода очистной выработки вдоль ее оси или над целиком в 5-7 м от границ очистной выработки. Нижний пьезометр должен быть оборудован в водоносном слое, который заведомо попадает в зону водопроводящих трещин, а верхний – в водоносном слое, который заведомо сохраняет свой естественный

режим. Наблюдения за уровнями воды в пьезометрах начинают до подхода забоя лавы к наблюдательному участку и продолжают до окончания периода опасных деформаций кровли. Высоту зоны водопроводящих трещин определяют как расстояние по нормали к слоистости от кровли вынимаемого пласта до середины интервала между соседними наблюдаемыми водоносными горизонтами, в нижнем из которых напор был заметно снижен, а в верхнем практически не изменился или изменился в пределах естественных его колебаний за соответствующий период времени. Простота в осуществлении – основное достоинство метода. Основной недостаток – большой объем буровых работ.

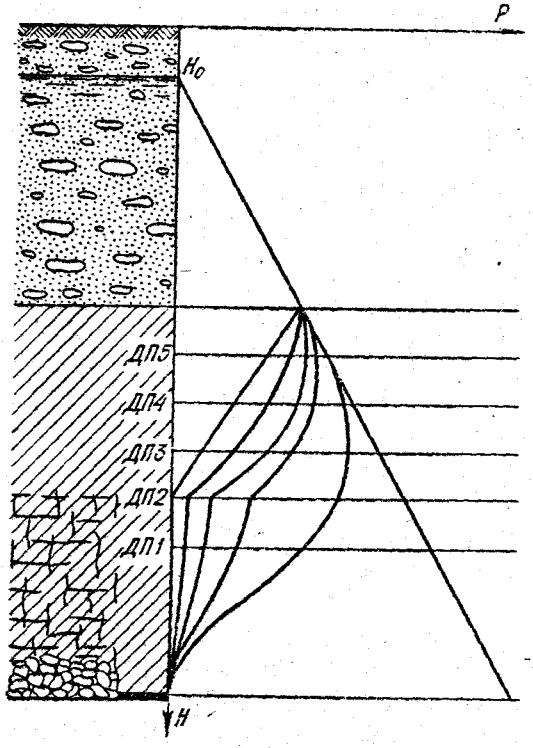
Наблюдают за напорами в процессе бурения специальных гидрогеологических скважин последовательно в каждом пересекаемом скважиной слое или пачке слоев мощностью 10-20 м. От вышележащих слоев толщи исследуемые слои или пачку слоев изолируют тампоном. Когда напоры в слоях до их подработки не известны, для наблюдений за напорами в процессе бурения необходимо не менее двух гидрогеологических скважин. Одна из них (для определения естественных напоров подземных вод) бурится в неподработанной толще, а другая – над выработанным пространством в период наиболее интенсивных деформаций. Высоту зоны водопроводя их трещин в этом случае определяют так же, как и в методе наблюдений за напорами с помощью пьезометров. В целом точность определения высоты зоны водопроводящих трещин по наблюдениям за напорами зависит от мощности чередующихся водоносных и водоупорных слоев в подработанной толще. Основное достоинство метода в том, что он позволяет измерить напоры в каждом из слоев, пересекаемых скважиной. Основным недостатком его является ограниченность глубины исследований.

Метод сравнения удельных водопоглощений основан на анализе результатов опытных нагнетаний воды в одни и те же слои или пачки слоев до и после их подработки. При анализе результатов опытных нагнетаний величину удельного водопоглощения слоя на подработанном участке $q_ц$ сравнивают с удельным водопоглощением этого же слоя на подработанном участке $q_п$. Если опробуемый слой на подработанном участке связан с выработанным пространством или с соседними сдренированными через нарушенный водоупор слоями, то $q_п > q_ц$. Опытные нагнетания проводят на участках наибольшего развития трещин расслоения. Для получения необходимых величин удельных водопоглощений опробуют две скважины: над целиком и в подработанном массиве в период наиболее интенсивных деформаций. Длину опробуемых интервалов скважин назначают обычно с таким расчетом, чтобы каждый интервал располагался либо в проницаемом слое, либо в водоупоре. Верхняя граница зоны водопроводящих трещин по результатам опыта устанавливается посередине между интервалами, где $q_т > q_ц$ и где $q_п \leq q_ц$. Основным достоинством этого метода является возможность определения высоты зоны водопроводящих трещин в сухих породах. Но он не эффективен в толщах пород, не способных удерживать трещины расслоения.

Расходометрический каротаж достаточно точно выявляет зоны притока и оттока воды в скважинах, а также соответствующие им расходы воды. Широко применяющиеся в практике скважинные расходомеры типа ТСР-34/70-ЭМ, ДАУ-ЗМ и другие способны измерять расходы воды до 50 м^3/ч с точностью до 0,01-0,05 м^3/ч. Благодаря этому скважинные расходомеры позволяют зафикси-

ровать достаточно тонкие трещины, сообщающиеся с выработанным пространством и встреченные скважиной непосредственно или через трещины расслоения. Скважины для расходометрического каротажа на подработанном участке с целью определения высоты зоны водопроводящих трещин рекомендуется бурить в период наиболее интенсивных деформаций. Расходометрический каротаж скважины проводят в процессе ее бурения при остановках забоя через 10–15 м в соответствии с действующими инструкциями по изучению проницаемости пород скважинными расходомерами. Верхнюю границу зоны водопроводящих трещин определяют по графику расходометрического каротажа и приурочивают к первому резкому увеличению водопоглощения воды из скважины. Метод расходометрического каротажа может эффективно применяться как в сухих, так и обводненных породах, способных удерживать трещины расслоения. В сравнении с другими методами, для которых необходима изоляция наблюдаемых или испытуемых интервалов скважин, он требует существенно меньших затрат времени при более высокой точности определения верхней границы зоны водопроводящих трещин.

Рассмотренные методы можно использовать индивидуально и в комплексе. Комплексное их применение дает более надежные сведения о высоте зоны водопроводящих трещин.



Характерные графики изменения порового давления в слабопроницаемых породах вблизи зоны водопроводящих трещин;
ДП – датчик порового давления; Р – давление; Н – глубина

Метод наблюдений за поровым давлением основан на том, что при образовании зоны водопроводящих трещин поровое давление внутри зоны и в слоях, ею пересеченных, снижается значительно быстрее, чем в вышележащих слоях. Разница в темпах снижения порового давления в слоях, расположенных ниже и выше верхней границы зоны тем резче, чем сильнее разница в водопроницаемости подработанной толщи вдоль слоистости и по нормали к ней. Результаты моделирования на моделях ЭГДА и на ЭВМ процесса рассеивания порового давления в слоях, подработанной толщи показали, что графики порового давления по вертикали вблизи зоны водопроводящих трещин отмечают их верхнюю границу даже в однородной толще (см.рисунок).

За изменением порового давления воды наблюдают с помощью датчика порового давления, установленного в скважине на участке опытной подработки за не-

сколько месяцев до начала очистных работ. Положение верхней границы зоны водопроводящих трещин определяется посередине интервала между теми двумя датчиками, в нижнем из которых поровое давление за время подработки значительно снизилось или упало до нуля, а в верхнем – практически не изменилось. К существенным достоинствам метода наблюдений за поровым давлением относятся возможность получения информации о высоте зоны водопроводящих трещин при многократных подработках с помощью одной скважины, возможность получения данных о сроках вероятного восстановления водоупорных свойств глинистых слоев после подработки и сравнительно малый объем буровых работ.

Перечисленные методы определения высоты зоны водопроводящих трещин успешно используются для назначения безопасной глубины подработки водных объектов в конкретных горно-геологических условиях и могут применяться для принятия мер охраны водных объектов от вредных последствий разработок полезных ископаемых.