

## ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОВЕДЕНИЯ ОЧИСТНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ С ОБРУШЕНИЕМ КРОВЛИ ПОД ОХРАНЯЕМЫМИ ВОДОЕМАМИ И ВОДОНОСНЫМИ ГОРИЗОНТАМИ

Ф.П.Стрельский, Ю.А.Норватов, А.С.Миронов

Практически повсеместным спутником добычи твердых полезных ископаемых является преднамеренное или самопроизвольное осушение массивов горных пород, резкое нарушение естественного режима водоносных горизонтов и поверхностных водоемов. Практика насчитывает множество примеров, когда из-за осушения водоносных горизонтов и водоемов, приводящего к ликвидации источников водоснабжения, сельскохозяйственных угодий, лесов, зон отдыха, ущерб превосходил экономическую эффективность добычи полезного ископаемого. Таким образом, проблема рационального использования полезных ископаемых тесно связана с задачами охраны окружающей среды.

В связи с этим необходимо более конкретно определить условия использования водоемов и водоносных горизонтов, которые ниже называются водными объектами. Вероятно, правила охраны сооружений и природных объектов, действующие на горнодобывающих предприятиях, должны предписывать согласование проектов производства горных работ в районах охраняемых водоемов и водоносных горизонтов с организациями, эксплуатирующими эти объекты или осуществляющими государственный контроль за их использованием.

Проекты производства горных работ должны иметь достаточное гидрогеологическое обоснование, определяющее: а) зону возможного влияния горных работ на режим подземных и поверхностных вод; б) характер расположенных в этой зоне охраняемых или рекомендуемых к охране водных объектов; в) прогноз утечек воды из водных объектов в выработки, ожидаемый на различных этапах развития горных работ.

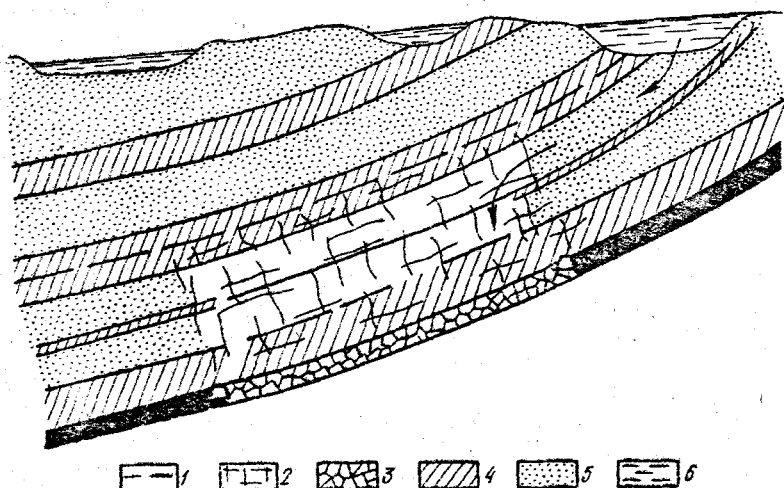
В случаях несоответствия ожидаемых утечек воды из водных объектов нормам их эксплуатации проект производства горных работ должен предусматривать технически обоснованные и экономически целесообразные мероприятия по уменьшению этих потерь.

Практическое осуществление таких условий потребует более тщательного, чем в настоящее время, изучения гидрогеологических условий участка проектируемых горных работ и проведения специальных натурных и лабораторных гидрогеологических исследований. Методика таких исследований для условий угольных месторождений разработана во ВНИИ. Она предусматривает предотвращение или сокращение водопритоков в горные выработки, однако, может быть успешно использована при сохране водоносных горизонтов и водоемов от вредного воздействия горных выработок. Эта методика включает исследования по следующим направлениям:

- а) изучение гидрогеологического строения разрабатываемого пласта и определение характеристик и границ водных объектов;
- б) оценка высоты зоны водопроводящих трещин над очистными горными выработками;
- в) оценка гидрогеологических параметров слоев и зон, гидравлически связанных с зоной водопроводящих трещин;
- г) прогноз потерь воды из водоносных горизонтов, водоемов и водотоков в результате развития зоны трещиноватости над горными выработками.

При изучении гидрогеологического строения подрабатываемой толщи пород выделяются отдельные слои мощностью более 5 м и свиты из отдельных слоев меньшей мощности, однородные по характеру переслаивания. Особо выделяются переуглубления древних и современных долин рек, горельники и зоны тектонических нарушений. Каждый из выделенных водоносных горизонтов должен иметь гидрогеологическую характеристику, включающую сведения о его водопроницаемости, пьезопроницаемости (уровнепроницаемости), уровненом режиме в течение года и условиях питания-разгрузки.

Подработка массива горных пород очистными выработками с полным или частичным обрушением кровли сопровождается оседанием и деформированием пород. Практически во всей толще деформированных пород образуются трещины расслоений и разрывов. Интенсивность этих трещин убывает с удалением от выработки и зависит от физико-механических свойств пород и степени деформированности слоев, обусловленных мощностью пласта вынимаемого полезного ископаемого и размерами выработки. При этом возможность осушаться имеют только слои, пересеченные и гидравлически связанные между собой и с выработанным пространством, так называемой зоной водопроводящих трещин. Верхняя граница этой зоны проходит посередине первого над выработанным пространством слоя, деформации которого были пластическими или упругими. В таком слое не возникают разрывы перпендикулярно напластованию, и его естественная проницаемость в этом направлении практически не изменяется. Слои или водные объекты, расположенные выше верхней границы зоны водопроводящих трещин, не имеют гидравлической связи с выработанным пространством и сохраняют режим, близкий к естественному. В то же время слои или водные объекты, пересеченные зоной водопроводящих трещин, полностью или частично дренируются горными выработками. Кроме того, очистные горные выработки могут дренировать и водные объекты, непосредственно не связанные с зоной водопроводящих трещин, но расположенные над выходами слоев, пересеченных этой зоной, или связанные с ней проницаемыми тектоническими нарушениями (см. рисунок).



Схематический разрез толши в районе очистных горных работ:

- 1 - верхняя граница зоны водопрводящих трещин; 2 - зона водопрводящих трещин;  
3 - выработанное пространство; 4 - относительно водоупорный слой; 5 - относительно  
проницаемый слой; 6 - водный объект

Наличие высоких напоров в водных объектах, гидравлически связанных с зоной водопрводящих трещин, способствует в ряде случаев развитию процессов суффозионного выноса, которые с течением времени могут существенно расширить зону повышенной проницаемости и тем увеличить возможность прорыва воды из водного объекта в горную выработку.

Очевидно, что выявление высоты зоны водопрводящих трещин является наиболее важной операцией при определении области влияния очистных горных выработок на режим подземных и поверхностных водных объектов.

Опыт подработки различных водных объектов на угольных месторождениях дает основание считать, что высота зоны водопрводящих трещин над очистными выработками не превышает вынимаемую мощность более чем в 40 раз, если содержание аргиллитов, алевролитов и глинистых сланцев в подрабатываемой кровле составляет более 50%. При меньшем содержании глинистых пород высота зоны водопрводящих трещин не превышает вынимаемую мощность более чем в 50 раз. Поэтому в действующих региональных правилах охраны сооружений и природных объектов указывается эта величина. Однако высота зоны водопрводящих трещин может зависеть от пластических или упругих свойств одного слоя или группы слоев и в конкретных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях на отдельном участке шахтного поля может быть существенно меньше предельной статистической оценки, принятой для всего бассейна. Кроме того, на высоту зоны водопрводящих трещин влияет скорость продвижения забоя лавы и характер посадки кровли. Поэто-

му действительная высота зоны для конкретных горно-геологических условий может быть определена только в результате натуральных экспериментов. Методика таких экспериментов в толщах, представленных переслаиванием относительно водопроницаемых и относительно водоупорных слоев, достаточно проста и основана на измерениях и сравнениях напоров или удельных водопоглощений в слоях над выработанным пространством до и после их подработки. При этом к зоне водопроводящих трещин относятся те слои, в которых после подработки существенно снизились напоры или повысились удельные водопоглощения. Естественно, точность определений высоты зоны водопроводящих трещин по такой методике определяется расстоянием между относительно водоупорными слоями, разделяющими относительно водопроницаемые слои.

Такой подход не применим в случаях, когда в подработанных массивах встречаются достаточно мощные слои глинистых пород, частично вовлекаемые в зону водопроводящих трещин, или весь подработанный массив сложен слабопроницаемыми глинистыми породами.

Проведенные в лаборатории гидрогеологии ВНИИМ исследования на ЭМ и АМ показали, что положение верхней границы зоны водопроводящих трещин в глинистых слоях и толщах можно весьма эффективно определить, измерив изменения порового давления на различной высоте над кровлей очистной выработки. Этот метод базируется на существенной разнице в скоростях снижения порового давления в зоне водопроводящих трещин и над ней. Разница в скоростях падения давления в породах выше и ниже верхней границы зоны водопроводящих трещин проявляется как над очистной выработкой, так и над целиком. Поэтому наблюдать за изменениями давления с целью определить высоту зоны водопроводящих трещин можно и в стороне от зоны интенсивных сдвижений, что иногда предпочтительнее. Разница в скоростях снижения давлений проявляется тем резче, чем сильнее фильтрационная анизотропия подрабатываемых глинистых пород.

Наблюдают за изменением давлений с помощью датчиков порового давления (мессдоз), устанавливаемых в скважине на участке опытной подработки до подхода к ней очистного забоя. Датчики располагают в интервале возможного положения верхней границы зоны водопроводящих трещин. Расстояния между датчиками назначают, исходя из требуемой точности определения положения этой границы. Одним из важнейших условий правильной установки датчиков является обеспечение хорошей гидравлической связи их с породой в стенке скважины при тщательной изоляции друг от друга.

При оценке условий выемки угля под водными объектами должны быть получены прогнозы водопритоков к горным выработкам и потерь воды из рассматриваемого водного объекта. В этой связи в полевых условиях следует собрать данные о фильтрационных свойствах пород подрабатываемой толщи, условиях питания и разгрузки водоносных горизонтов, приуроченных к ней, а также о характере взаимосвязи поверхностных водоемов и водотоков с подземными водами. Эти данные получают при соответствующим образом организованных режимных наблюдениях, а также постановкой опытно-фильтрационных работ. В качестве пьезометров в этих исследованиях с успехом могут

онты использованы струнные тензометры, точность замера напоров по которым может быть доведена до 0,03% от измеряемой величины. Использование таких пьезометров при проведении опытно-фильтрационных работ позволяет более надежно установить характер взаимосвязи между водоносными горизонтами. Параметры слабопроницаемых фильтрационных пород обычно определяют с помощью поинтервальных нагнетаний, которые можно комбинировать с расходометрическим каротажом. Так как нагнетания дают возможность определять в основном лишь проводимость водоносных горизонтов при повышенной водообильности их, предпочтительней ориентироваться на проведение кустовых откачек, позволяющих определить и водоотдачу пород.

Особенно трудно определить характер взаимосвязи подземных вод с поверхностными водоемами и водотоками, экранированными слабопроницаемыми породами. В естественных условиях характер этой взаимосвязи может быть выявлен лишь по результатам режимных наблюдений в наводковые периоды, однако, далеко не во всех случаях эти наблюдения позволяют однозначно оценить фильтрационные свойства экранлируемых пород, что отрицательно сказывается на качестве последующего гидрогеологического прогноза.

Прогнозировать утечки в горные выработки и определять дреперирующее действие их на охраняемые водные объекты в сравнительно простых условиях можно на базе аналитических зависимостей с необходимой предварительной схематизацией реальной гидрогеологической обстановки. При схематизации зону водопроводящих трещин над горной выработкой рассматривают как область стока с давлением, равным атмосферному. Основной расчетной зависимостью в этих условиях может быть формула "большого колодца", равновеликого по площади зоне водопроводящих трещин. В этом случае учитывается нарушенный режим всех водоносных слоев, пересеченных зоной водопроводящих трещин, для оценки их влияния на режим охраняемого водоносного горизонта. При отсутствии близко расположенных источников питания этих слоев в качестве условного контура питания рассматривают неустановившийся расчетный радиус влияния. В случаях, когда водоносный горизонт, подсеченный зоной водопроводящих трещин, гидравлически связан с поверхностным водоемом или водоток, расположенным в пределах расчетного радиуса влияния, необходимо учитывать характер этой связи. Этот вариант является обычно более сложным для прогноза, так как требует учета неравномерности распределения водопритоков по контуру выработки и фильтрационной неоднородности пород, в связи с чем при аналитическом расчете приходится ориентироваться на фрагментирование области фильтрации по лентам тока или на использование аналогового моделирования.

В случаях, когда водный объект залегает над верхней границей зоны водопроводящих трещин и отделен от нее слабопроницаемыми породами, потери воды из него и водопритоки в очистные горные выработки определяются интенсивностью перетекания по площади последних, что при прогнозе требует учета фильтрационных свойств пород в вертикальном направлении. Этот случай наиболее сложный, вследствие трудности определения фильтрационных свойств слабопроницаемых сложенных и прогноза возможного развития суффозионного выноса, изменяющего фильтрационные свойства массива пород, а

также технических трудностей выполнения прогноза, требующего обычно применения аналогового моделирования и численных методов.

Полученные в результате прогноза данные о величине возможных потерь воды из водного объекта в горные выработки являются основанием для оценки изменений естественного режима водного объекта и пересмотра проекта выемки угля под ним.

Таким образом, комплексные гидрогеологические исследования являются самым эффективным средством, позволяющим обоснованно решать как вопросы обеспечения нормальных условий ведения горных работ под водным объектом, так и целесообразности охраны водных объектов, используемых в народном хозяйстве или воздействующих на окружающую среду.