

УДК 550.8:622.3:622.012

М.Д. Молев, А.М. Молев, А.В. Меркулов

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗАТОПЛЕНИЯ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА ПРИ ЛИКВИДАЦИИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Представлен метод скважинных наблюдений уровней шахтных вод, основанный на измерении электрического сопротивления в замкнутой цепи образованной из толщи горных пород, столба минерализованной воды в скважине или шахтном стволе, источника электрического поля, измерительной линии и индикатора тока, подсоединенного к питающим электродам.

Ключевые слова: гидросфера, горный массив, шахта, электрод, скважина, «критический путь», бурение.

Планирование комплекса мероприятий по ликвидации неперспективных угольных шахт и предупреждения возможных негативных экологических последствий требует полномасштабной и достоверной информации. Одним из основных массивов данных, используемых для прогнозирования развития ситуации, являются сведения о пространственно-временных характеристиках затопления углепородного массива.

Контроль процессов затопления выработанного пространства шахт или, условно называя, общую динамику гидросферы в углепородном массиве, целесообразно осуществлять путем регулярных наблюдений в стволах, технологических и специальных газогидрогеологических скважинах, составляющих опорную сеть гидромониторинга.

Объекты указанных наблюдений, так называемые ключевые участки или полигоны, определяются на основе комплексного анализа геологического строения массива. С этой целью проводится анализ априорной геологической и горнотехнической информации, в процессе которого определя-

ются участки нарушенной сплошности массива горных пород (зоны тектонических разрывов, повышенной трещиноватости пород). Цель данных работ – уточнение времени достижения шахтными водами уровня отметок земной поверхности.

В соответствии с вышеуказанными задачами для полного описания и прогнозирования развития динамики гидросферы необходимо выполнять следующие работы:

- скважинные измерения уровней подъема шахтных вод;
- геолого-гидрофизические площадные исследования на участках территории, потенциально опасных по подтоплению подземными водами;
- отбор проб подземных и поверхностных вод в рамках гидрохимического мониторинга состава гидросферы;
- специальные «трассерные» исследования с целью выявления перетоков воды между шахтами.

В процессе научно-исследовательских и опытно-методических работ ведущим способом скважинных наблюдений уровней шахтных вод определен метод, основанный на измерении электрического сопротивления [1].

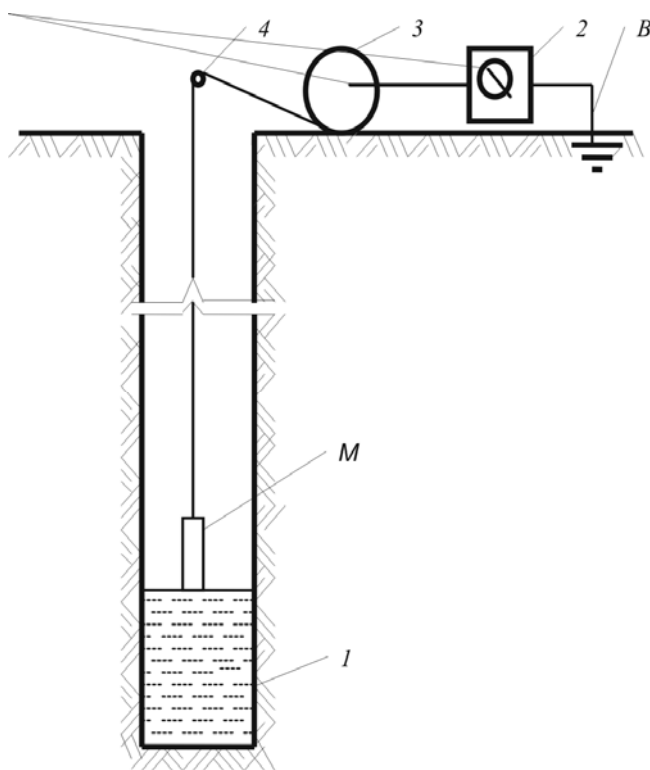


Схема выполнения измерений уровня затопления:

1 — ствол (скважина); 2 — измерительный прибор; 3 — катушка с измерительным проводом; 4 — направляющий блок; М, В — измерительные электроды

Теоретической базой метода, названного методом электрического контура, служат результаты изучения движения электрического тока в замкнутой цепи [2, 3]. Подобная цепь образуется из толщи горных пород, столба минерализованной воды в скважине или шахтном стволе, источника электрического поля, измерительной линии и индикатора тока, подсоединенного к питающим электродам (см. рисунок). В момент касания измерительного электрода М зеркала воды цепь замыкается, и в ней возникает электрический ток, который фиксируется микроамперметром.

Уровень затопления определяется по специальным меткам, нанесенным на измерительный провод, по которому подается ток от генератора на

электрод М. Результаты дискретных измерений через определенные интервалы времени в запроектированных точках площади позволяет составить карту затопления в динамике.

При планировании объемов измерений необходимо провести анализ априорной информации об исследованиях на соседних площадях и оптимизировать программу наблюдений, выбрав наилучший вариант.

Основным источником текущей информации о состоянии подземной гидросферы являются наблюдательные сети, которые формируются из пунктов наблюдений (скважин, стволов, шурфов и т.п.). Количество и схема расположения наблюдательных пунктов, периодичность (квантование) измерений определяются на основе системного анализа горно-геологических, горнотехнических и технико-экономических условий проведения исследований загрязнения подземных и поверхностных вод.

Основные принципы формирования наблюдательных сетей сводятся к следующим:

а) в результате анализа горно-геологических и гидрогеологических условий устанавливаются характерные точки территории горного отвода шахты, измерения в которых позволят получить необходимую и достаточную информацию о состоянии гидросферы;

б) рассчитывается оптимальная сеть наблюдений с учетом горно-технических условий и финансовых затрат на оборудование пунктов наблюде-

ний (бурение новых или ремонт старых скважин);

в) на основе оценки гидравлических связей между отдельными горизонтами, а также соседними шахтами разрабатывается порядок изменения конфигурации наблюдательной сети во времени по мере подъема уровня подземных вод.

Количество точек наблюдений определяется, исходя из оценки параметров информации, получаемых о них, а также их географического положения. При расчете сети наблюдений нужно стремиться к тому, что количество контрольных точек было минимально, а информативность сведений – максимальной. Так, в число контрольных постов необходимо включать преимущественно стволы и скважины, имеющие минимальные абсолютные отметки поверхности на данной площади, т.е. расположенные на участках первоочередного подтопления территории. Требование полноты получаемой информации обуславливает включение в наблюдательную сеть пунктов, с которых могут быть получены данные, отличные от сведений, поступающих с большинства точек (например, с участков нарушенного горного массива).

Периодичность измерений уровня затопления выбирается, исходя из двух условий: а) минимизации затрат на выполнение работ; б) обязательной оперативной фиксации изменений скорости подъема воды, приводящей к экстремальной (технологически опасной для данного объекта) ситуации.

Второе условие следует понимать так, что при большом временном отрезке между двумя последующими измерениями, так называемом периоде квантования, можно пропустить момент подъема шахтных вод до критической отметки – выхода на поверхность. Нами установлено, что уровень подъема воды V является непрерывной случайной функцией ряда

факторов, в том числе времени, т.е. $H = H(t_i)$. Такая непрерывная функция корректно представляется в виде дискретного ряда

$$H(\Delta t_i) = H_1, H_2, H_3, \dots, H_n$$

с шагом квантования Δt_i , считая, что он полностью характеризует первоначальную функцию. Анализ динамики затопления в 36 скважинах (стволах) восемнадцати шахт Восточного Донбасса показал, что оптимальный временной интервал между двумя последовательными замерами уровней должен составлять один месяц. При этом скорость подъема шахтных вод характеризуется преимущественно величиной $0,10 \div 0,25$ м/сут, т.е. суммарный месячный подъем воды не превышает 8 м, что не приводит к негативному событию.

В завершающий период гидромониторинга, когда уровень затопления приближается к критической отметке (абсолютной отметке перетока вод или их излива на дневную поверхность), частоту измерений целесообразно увеличить до двух-четырёх раз в месяц.

Важным элементом проектирования работ по гидромониторингу является определение даты начала сбора информации (начала гидрофизических наблюдений). Такой расчет можно выполнить, основываясь на прогнозной модели, по которой оценивается время наступления критического события (например, выхода шахтных вод на дневную поверхность), и примерного сетевого графика работ, определяющего максимальное время («критический путь») подготовки и проведения мероприятий, направленных на предупреждение негативного явления. При этом необходимо также определиться с резервом, связанным с возможной ошибкой прогнозного расчета времени выхода вод на поверхность и временем, по-

требуемым на ретроспективный анализ и установление тенденций динамики затопления. Отсюда время начала сбора информации

$$t_{ни} = t_v + t_p + t_m,$$

где t_v – время установления тенденций; t_p – резервное время; t_m – время на проведение технических мероприятий.

На основании анализа опытных данных и результатов технических расчетов для условий Восточного Донбасса установлено, что целесообразно начинать режимные гидрофизические наблюдения за два года до предполагаемого выхода шахтной воды на поверхность.

Значимым элементом наблюдений является синхронное (в течение ограниченного периода) производство измерений в большинстве пунктов исследуемой площади. Выполнение данного условия позволяет получить объективную картину затопления на региональном уровне и создать в первом приближении постоянно действующую модель затопления

(ПДМЗ), которая является наиболее совершенным инструментом, позволяющим оценить гидрогеологическую ситуацию в режиме реального времени.

Одновременно с замерами уровня затопления должен производиться отбор проб на химический анализ, что дает возможность регулярного контроля степени загрязненности подземных вод, прошедших определенное расстояние по массиву горных пород.

Анализ результатов применения предложенного метода позволяет сделать вывод о его высокой технико-экономической эффективности. Практическое использование метода для оценки уровня затопления горного массива в течение 1997—2006 гг. показало его надежность, высокую точность получаемых данных, относительную простоту производства измерений. Для выполнения наблюдений на одной скважине требуется от 0,2 до 0,8 часа (в зависимости от глубины скважины), минимум времени для обработки результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Молев А.М., Молев М.Д. Технические и экономические вопросы геофизических исследований при реструктуризации шахт Восточного Донбасса // Проблемы геологии, полезных ископаемых и экологии юга России и Кавказа: Мат-лы II междунар. науч. конф., 21-23 окт. 1999 г.: в 3-х т. Т. 2: Экология, гидрогеология и экономика минерального сырья / Юж. — Рос. гос. техн. ун-т. Новочеркасск; Набл, 1999. Страхов

В.Н. Геофизика и математика // Физика Земли. — 1985. — № 12.

2. Исследования нарушений угольного пласта с помощью векторных измерений в горных выработках / И.Н. Модин, В.А. Шевнин, И.Д. Игнатова и др. // Сб. статей ЕАГО. — Ростов-на-Дону, 1995.

3. Финаев В.И., Глод О.Д. Основы теории систем: учеб. пособие. — Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2002. **VIAB**

Коротко об авторах

Молев М.Д. — доктор технических наук, профессор; декан факультета Южно-Российского государственного университета экономики и сервиса,
Молев А.М. — аспирант, Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru
Меркулов А.В. — кандидат технических наук, доцент; доцент ШИ(ф) Южно-Российского государственного технического университета, e-mail: ngty@novoch.ru