

УДК 622.27:622.1

ЧЕРНИКОВА С.А. (ДонНТУ)

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПО ДАННЫМ МАРКШЕЙДЕРСКОГО МОНИТОРИНГА ЗАТАПЛИВАЕМЫХ ШАХТ АЛМАЗНО-МАРЬЕВСКОГО РЕГИОНА ДОНБАССА

В период реструктуризации угольной отрасли и затоплении ряда нерентабельных шахт, чрезвычайно важным и актуальным представляется задача разработки методики прогнозирования сроков и темпов затопления. Насущность этой задачи связана с необходимостью корректировки режима водоотлива на соседних работающих шахтах, определения сроков и скорости затопления отдельных шахтных горизонтов и шахты в целом, решений о своевременных дренажных работах в целях предотвращения затопления территорий и загрязнения окружающей среды.

На сегодняшний день известны следующие методологические подходы к решению задачи прогноза подъема подземных вод:

1. Для оценки динамики затопления шахты используется зависимость [1]:

$$Q_i T_i = K_3 Y_i + q_i T_i, \quad (1)$$

где Q_i и q_i — соответственно общешахтный водоприток и переток в прилегающую шахту, для i -го интервала затопления, м³/час; K_3 — коэффициент заполнения, представляет собой отношение объема воды, идущий на заполнение выработок, к их объему, принят для промышленных районов Донбасса 0,4–0,6 по [1, 4]; T_i — время заполнения i -го интервала, сут.; Y_i — объем затопляемых выработок в i -м интервале, м³.

Общий водоприток в шахту Q_i и переток q_i в каждом конкретном случае определяются по фактическим данным при отработке горизонтов, аналитически по методу аналогии с использованием зависимости Д.И.Щеголева и, кроме того, возможна оценка изменчивости водопритока по эмпирической зависимости [4]:

$$Q = bH^{0.35}L^{0.75}$$

где H и L — соответственно глубина ведения горных работ и протяженность выработок, м; b — эмпирический коэффициент, учитывающий горно-эксплуатационные параметры шахты.

К недостаткам определения скорости подъема по этой методике следует отнести приближенное определение входящих в формулу (1) параметров. Так, коэффициент заполнения меняется в пределах 0,3–0,7, в среднем принимается для расчетов 0,6, водоприток оценивается с ошибкой 30–50%. При оценке перетока принимается среднее значение водопроводимости горных пород, хотя известно, что фильтрационные характеристики пород могут отличаться в десятки раз.

Затапливаемый массив неоднороден, состоит не только из отработанного пространства, что учитывается объемом Y , но и из зон различной степени водопроводимости, образующихся в подработанном массиве — таких, как зоны обрушения и зоны водопроводящих трещин. Кроме того, отработка угольных пластов в пределах шахтного поля крайне неравномерна по площади, водоприток же определялся на отдельных рабочих горизонтах. Это обстоятельство ведет к некорректности расчетов, трудности определения динамики затопления отдельных участков шахтного поля и влечет за собой просчеты в определении сроков затопления отдельных горизонтов, шахт в целом и подтопления территорий.

2. Метод прогноза изменения уровня подземных вод А.В.Лебедева, известный, как метод водного баланса [5]. При этом время изменения уровня грунтовых вод определяется с учетом притока и оттока грунтовых вод с учетом атмосферных осадков и условиями насыщения пород зоны аэрации.

Водобалансовый метод прогноза применим на осваиваемых под орошение землях и предполагает известными данные об инфильтрации поливных вод. Очевидно, что для прогноза динамики затопления глубоких шахтных горизонтов этот метод неприменим.

Таким образом, на настоящее время отсутствует четкая и экспериментально опробованная методика прогнозирования динамики затопления подработанного массива пород.

Автором был изучен и обработан материал по отслеживанию уровня подземных вод в Алмазно-Марьевском регионе Донбасса за период с декабря 1997 г. по январь 2000 г. Были проанализированы 27 объектов наблюдений по трем шахтам с шахтоучастками.

Установлено, что заполнение водой депрессионной воронки происходит крайне неравномерно, разброс отметок глубин подземных вод даже на сближенных объектах достигает десятков и сотен метров. Так, например, по полю шахты им. Ильича отметка воды по стволу № 4 на начало наблюдений составила -299 м, а по гидронаблюдательным скважинам на поле этой же шахты И-3ГР, И-3ГН, И-5ГН — соответственно -93, -86, -33 м. На шахте «Брянковская» с шахтоучастками разброс отметок глубин шахтной воды составлял от -148 м до +88 м.

Выявлен также сложный характер влияния тектонических нарушений в общей картине затопления. Например, в плоскости, перпендикулярной крупному Брянскому надвигу отметки уровня шахтных вод по гидронаблюдательным скважинам, расположенных по разные стороны Брянского надвига стремятся к сближению: (вентиляционная скважина диаметром 2,7 м, скважины 2ГН, 3ГР) от 66 до 32 м., а по оси надвига колебаний отметок во времени нет и разница между отметками значительная: 100–200 м.

Скорость затопления колеблется от 0,17 м/мес до 12,5 м/мес., причем в отдельных зонах отмечалось резкое увеличение скорости до 30 м/мес по ств. № 4 и даже скачки в 120–170 м/мес по скв. НБ-1гн в зонах трещиноватых известняков и горных работ.

Проведенный анализ свидетельствует об обособленном, дискретном характере затопления и указывает на то, что строить прогноз в целом по шахте, как принято в настоящий момент, некорректно.

В исследовании установлены параметры, определяющие процесс затопления дискретных объемов подработанного массива, с целью создания адекватной математической модели.

Природные и техногенные процессы, происходящие при затоплении угольной шахты в подработанном массиве, представляют собой «плохо организованные системы» [2], где действуют одновременно многие факторы различной физической природы. Данные системы не поддаются безупречному количественному описанию, вследствие чего строгое понятие закона заменяется при их описании более широким понятием модели. Сложность и недоступность непосредственного изучения этой системы, ограниченность экспериментальных данных и прерывистость сети наблюдений во времени и пространстве не способствуют созданию строгой и однозначной математической модели. В нашем исследовании экспериментальные данные пред-

ставляют собой совокупность случайных величин, следовательно, математическая модель будет строиться на вероятностной основе.

Специфическая особенность геолого-математического моделирования будет заключаться в моделировании изменчивости структуры и свойств затопляемого подработанного массива пород, наблюдаемого на определенном уровне.

К параметрам, определяющим динамику затопления i -го интервала затопляемого массива, относятся:

— фильтрационные свойства пород и совокупный водоприток, зависящие от ряда факторов: литологического состава и структуры пород, их физико-механических свойств.

— наличие зон обрушения и зон водопроводящих трещин, образующихся при ведении очистных горных работ с обрушением кровли.

Опыт показывает, что растягивающие напряжения вызывают нарушения сплошности подработанного массива у фронта отработки, кроме того, изгибы слоев в зоне разгрузки сопровождаются относительными сдвигами по границам слоев или по контактам отдельных литологических разностей, для которых характерно повышенное сцепление. При этом образуются так называемые трещины расслоения. Возникшая трещиноватость значительно увеличивает проницаемость подработанных пород массива.

В 80-е годы Скворцовым А.И. и Гвирцманом Б.Я. были проведены исследования [3] по прогнозированию условий поступления подземных вод в очистные забой на пологих пластах Донецкого бассейна, получены зависимости высоты зоны водопроводящих трещин от литологического состава пород, мощности отрабатываемого пласта, системы разработки, способа управления кровлей и некоторых других факторов.

Были проанализированы данные этих авторов и в разрабатываемой методике принята высота зоны водопроводящих трещин (ЗВТ) равная 25-кратной мощности отработанного пласта с учетом отставания по времени в 1,5–2 года от начала затопления до подтопления ЗВТ на отдельных интервалах.

В ЗВТ изменяются фильтрационные характеристики пород, и коэффициент фильтрации при ламинарном режиме движения воды определится по формуле [6]:

$$K' = K \left(\frac{50 \text{ м}}{H} \right)^3, \text{ м/сут}$$

где K — коэффициент фильтрации до подработки, принимается по данным геолого-разведочных работ, а также данных опытных откачек [6]; m — вынимаемая мощность пласта, м; H — расстояние от выработанного пространства на исследуемом интервале, при $H > 50$ м $K' = K$.

Для характеристики физико-механических свойств пород принимаем величину гидравлической составляющей массива, отнесенной к пределу прочности пород на сжатие:

$$R = \gamma H / \sigma_{сж},$$

где γ — удельный вес пород, кН/м^3 , H — расчетная глубина, м, $\sigma_{сж}$ — расчетное сопротивление пород сжатию, Мпа, определяется для i -го интервала с учетом всех слоев мощностью более 30 см. Причем, если в пределах этого интервала значения $\sigma_{сж}$ не различаются более, чем на 30%, то находится его средневзвешенное значение по методике [8].

Величины γ и $\sigma_{сж}$ определены по экспериментальным данным, полученным лабораторией Горного факультета УИПА в 80-е годы под руководством проф. С.Ф.Алексеевко, а также сведения из Кадастра пород [7].

При исследовании процесса затопления в зоне депрессионной воронки производим расчленение подработанного массива на отдельные участки. При этом руководствуемся следующими положениями:

1. Для исследования принимаем те участки массива, где выполнены наблюдения за динамикой подъема шахтной воды по гидронаблюдательным скважинам или вертикальным выработкам.

2. Отдельные слои пород объединяем по принципу, принятому при определении расчетного сопротивления пород для расчета крепи горных выработок [8].

Весь массив данных делим на части:

— затопляемый подработанный массив с зонами выработанных пространств пласта, обрушения и водопроявляющих трещин.

— затопляемый подработанный массив вне вышеперечисленных зон.

Всего для построения модели было использовано данных: по шахтам «Замковская», «Брянковская» с шахтоучастками, — 26 участков затопления, по шахте им.Ильича — 9 участков.

Была установлена статистическая связь между скоростью подъема шахтной воды в отдельно взятом дискретном объеме выработанного пространства и варьируемыми косвенными показателями: физико-механическими свойствами пород и условным водопритоком.

Произведен расчет коэффициента корреляции и установлено наличие связи по показателю Стьюдента и зависимости Фишера по 9-ти массивам статистических данных. Составлены уравнения регрессии по тем массивам, где доказано существование прямолинейной корреляционной связи.

Выводы:

— существующие методики прогнозирования динамики подъема уровня шахтных вод не отражают неоднородность процесса заполнения депрессионной воронки, а содержащиеся в них параметры (коэффициент заполнения, водоприток, объем выработок и др.) определяются с большими погрешностями.

— собранный и проанализированный нами материал гидромониторинга дает основания разработки адекватной математической модели динамики затопления по принципиально новой методике с выделением дискретных объемов подработанного массива.

— зоны обрушения, ЗВТ, а также трещиноватый известняк изменяют характеристику водопроницаемости пород и вызывают резкие подъемы уровня воды в этих зонах, что должно учитываться в прогнозе динамики затопления.

— установлена корреляционная зависимость между скоростью затопления и отдельными показателями свойств горных пород.

Библиографический список

1. Гидрогеология СССР. Том 6, Затопление и откачка шахт Донбасса. Под редакцией Д.И.Щеголева. — М.: Недра, 1971.
2. Гавич И.К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. — М.: Недра, 1980. — 358 с.

3. Гвирцман Б.Я., Гусев В.Н. Прогнозирование высоты зоны водопродводящих трещин // Уголь, 1987. — № 7.
4. Ермаков В.Н., Улицкий О.А., Спожакин А.И. Изменение гидродинамического режима шахт при затоплении // Уголь Украины, 1998. — № 6.
5. Лебедев А.В. Методы изучения баланса грунтовых вод. — М.: Недра, 1976.
6. Хохлов И.В. Опыт определения фильтрационных свойств подработанного массива пород: Обзор / ЦНИЭИуголь. — М., 1986.
7. Справочник (кадастр) физических свойств горных пород под ред. Н.В. Мельникова.
8. Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи ВНИМИ Минуглепрома, ВНИИОМШС Минуглепрома СССР. — М., 1983.

© Черникова С.А., 2002

УДК 622.838: 69.059.22

ЕРМАКОВ В.Н. (ДонНТУ), БЛИННИКОВА Е.В., ШНЕЕР В.Р. (УкрНИМИ)

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПРОГНОЗА БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ПОДРАБОТКИ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

Охрана существующих гражданских зданий, представляющих самый массовый вид застройки, относится к числу основных проблем, которые необходимо решать при планировании выемки запасов угля под застроенными территориями. Надежность и эффективность решения этой проблемы зависит от точности прогноза деформаций и повреждений объектов при подработке. На основании этого прогноза определяют безопасные условия подработки зданий и разрабатывают меры их защиты.

Согласно «Правилам...» [1] определение безопасных условий подработки зданий основывается на сравнении расчетных показателей суммарных деформаций земной поверхности с допустимыми деформациями. Однако эта методика обладает существенными недостатками: в основном рассматривается частный случай первичной подработки, и не учитываются особенности формирования воздействий на здания при многократном влиянии горных выработок; оценка технического состояния зданий ограничивается физическим износом и не учитывает динамики развития деформаций и повреждений конструкций в процессе многократной подработки.

Для повышения надежности прогноза безопасных условий подработки зданий предлагается комплексная методика, которая лишена указанных недостатков: общим случаем является многократная подработка, что учитывается при определении расчетных показателей суммарных деформаций земной поверхности, которые корректируются в зависимости от соотношения прогнозируемых и фактических повреждений зданий, а безопасные условия подработки зависят от прогнозируемого технического состояния.

Расчетные показатели суммарных деформаций земной поверхности определяются по трем версиям ($z=1,2,3$):

— первая версия ($z=1$) — с учетом «Правил охраны...» [1] и «Временных технических условий...» [2] по формулам:

— при плавных деформациях:

$$\Delta l_z = \ell \mu_{\Pi} \sqrt{m_c^2 \varepsilon_s^2 + m_p^2 \rho_s^2 H^2}; \quad (1)$$

— при сосредоточенных деформациях: