УДК 551.49

К.Н.ЩЕРБИЧ
Геолого-разведочный факультет,
группа РГМм-98, ассистент профессора

МЕТОДИКА ПРОГНОЗА ТЕХНОГЕННОГО РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ ЗАТОПЛЕНИИ ШАХТ

Работа посвящена методике гидрогеологических прогнозов условий затопления угольных шахт. Актуальность темы определяется массовым затоплением шахт в основных угледобывающих районах, при котором возникают серьезные проблемы, связанные с обеспечением экологической и производственной безопасности ликвидационных работ. При затоплении шахт развивающиеся гидродинамические процессы имеют определенную специфику, поэтому возникла необходимость дополнительного анализа и совершенствования существующих численных геофильтрационных моделей.

Изложены некоторые методические приемы, используемые при прогнозных оценках условий затопления шахт.

This research is about hydro-geological prognosis methods of waterlog working in coalmines. Novelty of this problem is in the mass character of closing coalmines. At that, appear many problems, which connected with secure of ecological and production safety. There are specific hydrodynamic processes when the coalmines are being flooding. That's why it is necessary to do subsidiary analysis and improve existent geofiltrational models.

This report is about some of methodical receptions, which use for so-called prognosis methods of waterlog working in coalmines.

На территории России осуществляется массовое закрытие и ликвидация убыточных угледобывающих предприятий по государственной программе реструктуризации угольной промышленности. Технические ликвидационные мероприятия и вызванные ими природно-техногенные процессы охватывают значительные территории, поэтому проявляющиеся при этом негативные и даже опасные эколого-геологические последствия приобретают особую значимость.

Без принятия мер по управлению затоплением горных выработок может возникнуть подтопление территории: повышение уровней грунтовых вод, заболачивание и затопление земной поверхности. Необходимо определить скорость подъема уровня шахтных вод, объемы выхода на поверхность, что позволит целенаправленно произвести их выпуск на определенной отметке по самоизливающим скважинам или ограничивать отметку затопления водоотливом. Помимо этого в рамках прогнозных оценок решается задача об увеличении водопритока в соседние действующие шахты, имеющие гидравлическую связь с затапливаемой шахтой, что обеспечивает производственную безопасность последних. Особое место в проблеме затопления горных выработок занимает прогноз состава шахтных вод, выходящих на земную поверхность. Эта задача особенно актуальна на территории шахт Восточного Донбасса, поскольку в этом районе минерализация порой достигает 6 г/л, следовательно, сброс их в гидросеть невозможен без предварительной очистки.

Следовательно, проблема затопления шахт многогранна и требует решения множества задач. Автор принимал участие в исследованиях филиала кафедры гидрогеологии Горного института во ВНИМИ. Целью моей работы была оценка скорости затопления шахты. Решение этой задачи позволяет обосновать инженерные мероприятия, т.е. объем дренажных работ, сроки строительства очистных сооружений и их мощность. Затопление горных выработок происходит за счет перетекания воды из приповерхност-

ного водоносного горизонта через пачку слабопроницаемых угленосных отложений в техногенный комплекс, характеризующийся определенной пустотностью. Водоприток в шахту расходуется на насыщение техногенного комплекса и восполнение упругоемкости перекрывающих этот комплекс водонасыщенных отложений.

Оценка скорости затопления шахт может быть проведена с использованием аналитического аппарата. Для оценки времени затопления шахты предварительно выделяется несколько расчетных интервалов. С этой целью гидрогеологическая структура (например, мульда) разбивается на несколько фрагментов. Фрагменты ограничиваются заданными уровнями затопления, например: -600; -400; -200 м (см. рисунок).

Продолжительность затопления горных выработок в пределах каждого расчетного интервала может определяться простой расчетной зависимостью

$$\Delta t_i = V_i k_{\text{п}} / Q_i ,$$

где $k_{\text{п}}$ – коэффициент пустотности техногенного комплекса; Q_i – средний водоприток в горные выработки при затоплении в пределах расчетного интервала.

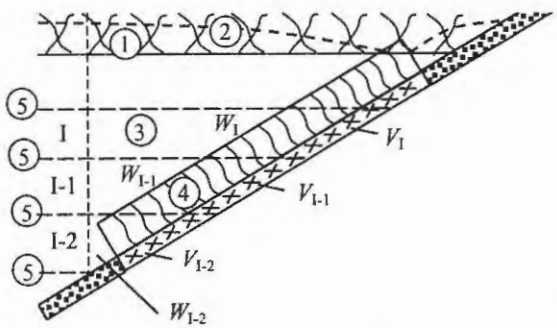
Данное решение учитывает лишь недостаток насыщения техногенного комплекса; упругоемкость водонасыщенного слабопроницаемого массива во внимание при этом не принимается. Однако при больших глубинах в общем балансе емкостных характеристик системы упругоемкость является весомой. На данном этапе исследований предложена зависимость, которая учитывает упругоемкость перекрывающих пород. Зависимость скомпонована из вышеприведенного уравнения и решения Веригина, полученного для ограниченного одномерного потока с мгновенным повышением напора на границе возмущения при постоянном напоре на противоположной границе:

$$\Delta t_i = \frac{V_i k_{\text{п}}}{Q_i - \sum_{n=1}^{n=i-1} \left[\frac{k_{\text{п}} \Delta H_i}{L_{\text{п}}} \left(1 + \frac{L_{\text{п}}^2 \beta_{\text{п}}}{2\pi k_{\text{п}} \Delta t} \right) F_n \right]},$$

где в знаменателе – трансформированная зависимость Веригина, учитывающая «вклад» упругоемкости слабопроницаемого массива.

Наряду с поисками возможностей использования аналитического аппарата для прогнозных оценок техногенного режима подземных вод при затоплении угольных шахт продолжает развиваться и численное моделирование. Этому вопросу была посвящена моя прошлогодняя работа.

В рамках исследований этого года мною создана численная геофильтрационная модель для проверки предложенной аналитической зависимости. Задача решалась в профильной постановке, граничные условия максимально приближены к расчетной схеме аналитического решения. По вертикали модель представлена 11 слоями. Верхний слой модели имитирует хорошо проницаемый (питающий) приповерхностный водоносный горизонт мощностью 150 м. В этом слое модели задан постоянный напор, соответствующий абсолютной отметке +60 м. Нижний слой модели приурочен к техногенному водоносному горизонту мощностью 50 м, образованному в результате ведения горных работ. Слои 2-10 представляют собой слабопроницаемые угленосные отложения. Приток в горные выработки формируется за счет перетекания



Типовая расчетная схема
1 – приповерхностный водоносный комплекс; 2 – уровень подземных вод в приповерхностном водоносном горизонте; 3 – слабопроницаемая пачка угленосных отложений; 4 – техногенный водоносный комплекс; 5 – расчетные положения уровня шахтных вод в затапливаемых выработках; V_i – объем горной массы (угля и пород), извлеченной при проходке горных выработок в пределах расчетного интервала затопления шахты (i); W_i – объем угленосных отложений (включая техногенный комплекс) в пределах расчетного интервала затопления шахты

через слабопроницаемые отложения по площади поля и на минимальных глубинах отработки.

Моделирование проводится в два этапа. На первом стационарная модель позволяет получить распределение напоров в угленосной толще на конец эксплуатации шахты. Эти напоры являются начальными условиями для нестационарной модели, имитирующей собственно процесс затопления. Были построены кривые подъема уровня в техногенном водоносном горизонте при затоплении шахт, полученные по результатам аналитических расчетов и численного моделирования. Также по результатам моделирования были получены график подъема уровня в техногенном водоносном горизонте, который позволяет оценить время затопления шахты до любой отметки, и график изменения расхода в горные выработки. Так, на начальном этапе темп снижения расхода перетекания незначителен, однако затем он существенно возрастает. Следовательно, по мере уменьшения перепада напоров между техногенным водоносным горизонтом и приповерхностным горизонтом, выступающим в качестве питающего, расход перетекания существенно падает.

Таким образом, при оценке скорости затопления шахты в рамках типовой расчетной схемы с успехом можно использовать аналитические расчеты. Но в реальных условиях процесс затопления шахт может быть осложнен различными факторами, такими, как наличие фильтрационной неоднородности, влияние поверхностных водотоков или водоемов, инфильтрационное питание. Поэтому аналитические зависимости целесообразно использовать для ориентировочной оценки скорости затопления горных выработок конкретных шахт. А для учета сложности гидрогеологических условий, для обеспечения надежности и комплексности прогнозных оценок целесообразно использовать численные геофильтрационные модели.

Научный руководитель д.т.н. проф. *Ю.А.Норватов*