УДК 551.49

**К.Н.ЩЕРБИЧ**
*Геолого-разведочный факультет,*
*группа РГГ-98*

# МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЗАТОПЛЕНИИ ШАХТ

Рассмотрена методика гидрогеологических прогнозов условий затопления угольных шахт. Актуальность этого вопроса определяется массовым затоплением шахт в основных угледобывающих районах, при котором возникают серьезные проблемы, связанные с обеспечением экологической и производственной безопасности ликвидационных работ. Развивающиеся при затоплении шахт гидродинамические процессы весьма специфичны, что определяет необходимость дополнительного анализа и совершенствования существующих численных геофильтрационных моделей.

Среди методических приемов, используемых при прогнозных оценках условий затопления шахт, особое внимание уделено методике решения так называемых тестовых задач, отражающих типичные условия затопления шахт. В качестве примера предложены результаты численного моделирования, полученные для трех тестов. Разработаны рекомендации по применению численных моделей при различных гидрогеологических условиях.

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 test problems. These test problems are demonstrating typical conditions of waterlog working in coalmines. As example suggesting results of numerical modeling obtained for the three tests. As a result the recommendations of use of numerical models was propose.

Известно, что в последние годы происходит массовое закрытие угольных шахт. Закрытие и ликвидация убыточных бесперспективных угледобывающих предприятий осуществляется по государственной программе реструктуризации угольной промышленности и проходит во всех основных бассейнах и районах страны.

Из-за прекращения водоотлива на закрываемых шахтах происходит их естественное затопление. При этом необходим прогноз водопритоков в подземные горные выработки для оценки условий их затопления, прогноз уровневого режима водоносных пластов для обеспечения безопасности горных работ на соседних шахтах и решения природоохранных задач на шахтных полях [1]. Важно обосновать целесообразность организации дренажных мероприятий на подтопленных территориях, определить оптимальные параметры дренажных сооружений и условия их эксплуатации.

Процесс затопления шахты должен изучаться в следующем порядке:

- анализ гидрогеологической структуры района;
- разработка схемы формирования водопритоков в горные выработки;
- обоснование в целом расчетной гидродинамической схемы, отражающей условия затопления шахты;
- определение водопритоков в затапливаемые выработки;

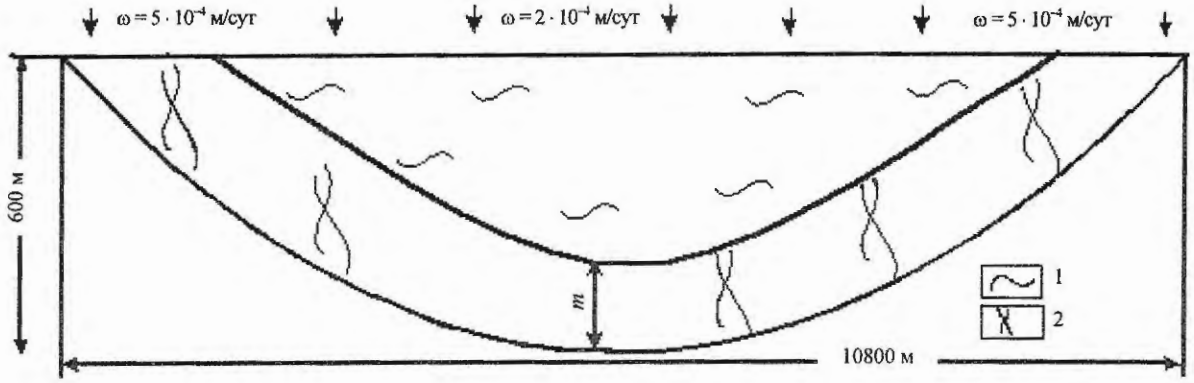



Рис.1. Схема модели

1 – слабопроницаемая толща; 2 – техногенный водоносный горизонт; $K_ф = 2 \cdot 10^{-4}$ м/сут – коэффициент фильтрации; $\mu_{упр} = 10^{-5}$ м$^{-1}$ – упругоемкость толщи; $K_{ф.в} = 100$ с/сут – коэффициент фильтрации по вертикали; $m = 100$ м – мощность техногенного водоносного горизонта; $\mu_{гр} = 5 \cdot 10^{-3}$ м$^{-1}$ – гравитационная водоотдача; ω – инфильтрация

• оценка скорости затопления шахты на разных этапах развития этого процесса;

• расчет максимального уровня подземных вод в горных выработках на конечной стадии затопления шахты.

Для учета сложности гидрогеологических условий (нестационарность фильтрационного процесса, фильтрационная неоднородность, разнообразные условия залегания угленосных отложений, взаимодействие затапливаемых выработок) задачи затопления целесообразно решать с применением численных геофильтрационных моделей.

Для отработки методики численного моделирования геофильтрационных процессов развивающихся при затоплении шахт была выполнена серия тестов. В тестах задавались модели в профильной постановке. Они отражали различные условия подтопления земной поверхности согласно типизации, предложенной Ю.А.Норватовым [2, 3]. При создании тестовых моделей определяющими факторами являлись положение горных работ относительно долин рек и водоразделов, наличие приповерхностного водоносного комплекса и характер покровных отложений.

Деление модели в разрезе определяется гидрогеологической структурой месторождений (количеством выделенных водоносных комплексов и относительных водоупоров). Каждый элемент структуры (водоносный пласт или относительный водоупор) может быть представлен на модели отдельным слоем с определенными характеристиками. В некоторых случаях есть смысл представить угленосный комплекс совокупностью горизонтальных слоев, проницаемость которых снижается сверху вниз в соответствии с затуханием трещиноватости пород с глубиной.

Первый тест проводился с целью отработки общих методических подходов к моделированию нестационарного режима при затоплении горных выработок: задание начальных условий, этапность процедуры моделирования, проверка чувствительности модели к величине упругой водоотдачи слабопроницаемой толщи.

На численной геофильтрационной модели имитировалась угленосная мульда, отрабатываемая в условиях, при которых покровные отложения практически отсутствуют (рис.1). Питание моделируемой толщи осуществляется за счет атмосферных осадков. Приток в горные выработки формируется за счет перетекания через слабопроницаемые отложения по площади мульды и инфильтрационного питания на участках ведения очистных работ на минимальных глубинах. Тест показал, что имитацию процесса затопления следует проводить в два этапа. На первом этапе (стационарном) получаем распределение напоров в угленосной толще на конец периода эксплуатации шахты. Эти напоры являются начальными усло-

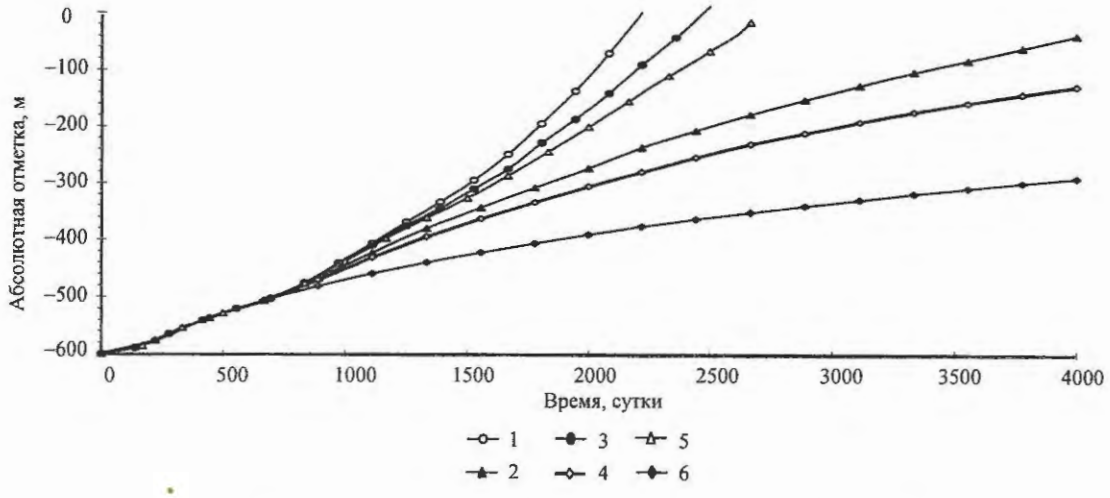



Рис.2. Графики подъема уровней подземных вод при различной упругоемкости $\mu_{упр}$

1 – $\mu_{упр} = 10^{-7}$ м$^{-1}$; 2 – $\mu_{упр} = n \cdot 10^{-7}$ м$^{-1}$; 3 – $\mu_{упр} = 10^{-6}$ м$^{-1}$; 4 – $\mu_{упр} = 10^{-6}$ м$^{-1}$;
5 – $\mu_{упр} = 10^{-5}$ м$^{-1}$; 6 – $\mu_{упр} = n \cdot 10^{-5}$ м$^{-1}$

виями для второго этапа (нестационарного), т.е. процесса затопления.

Значение величины упругой водоотдачи слабопроницаемой толщи во многом определяет темпы подъема уровней в горных выработках (рис.2). Именно поэтому чувствительность модели к величине упругой водоотдачи предъявляет высокие требования к исходным материалам.

Целью второго теста являлась проверка чувствительности профильной тестовой модели к дробности послойной вертикальной разбивки относительного водоупора, перекрывающего продуктивную толщу. По результатам теста можно сделать вывод, что при выполнении долговременных прогнозов увеличение дробности вносит погрешность соизмеримую с точностью вычислений. Поэтому послойная разбивка водоупора не имеет практического смысла. Но она может использоваться при оценке распределения напоров в нем для расчета изменений напряженного состояния угленосной толщи.

Третий тест был создан на основе анализа гидрогеологических условий эксплуатации и затопления шахт в Шахтинском районе Восточного Донбасса. В ходе проведения теста отрабатывалась методика моделирования затопления в слоистых толщах при наличии в них питающего приповерхностного горизонта и поверхностного водотока (речки или озера). При естественном режиме фильтрации река является областью разгрузки для водоносной толщи, а на начальных этапах затопления и при эксплуатации шахты – областью питания для водоносных пластов и техногенных водоносных горизонтов.

По результатам теста видно, что на разных этапах затопление горных выработок происходит с различной скоростью. Так на начальном этапе горные выработки затапливаются относительно быстро, в дальнейшем темп подъема уровня подземных вод существенно снижается (рис.3). Таким образом, по мере уменьшения перепада напоров между техногенным водоносным горизонтом и приповерхностным горизонтом, выступающим в качестве питающего, расход перетекания существенно сокращается.

Тестирование также показало высокую чувствительность модели к величине упругоемкости толщи, перекрывающей техногенный горизонт.

На основе решения ряда тестовых задач разработаны рекомендации по применению численных моделей при различных гидрогеологических условиях.

1. В расчетных геофильтрационных моделях необходимо учитывать наличие техногенного водоносного комплекса, положение которого в разрезе определяет структуру моделей и методику моделирования.

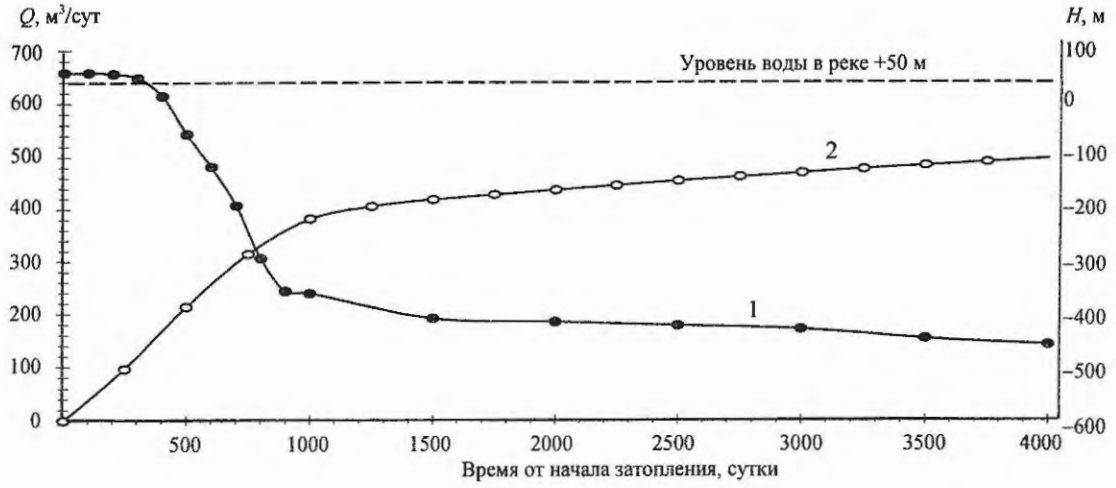



Рис.3. Совмещенный график расхода затопления $Q$ (1) и подъема уровней подземных вод $H$ (2) в горных выработках

2. Моделирование следует проводить в два этапа: имитация стационарного режима фильтрации при эксплуатации горных выработок и имитация нестационарного режима при их затоплении.

3. Техногенный комплекс, имитирующий очистные выработки и зону водопроводящих трещин над ними (ЗВТ), необходимо моделировать одним расчетным слоем (для учета процесса насыщения при затоплении). Способ ведения горных работ учитывается через высоту ЗВТ.

4. По площади выхода техногенного горизонта на поверхность или под приповерхностный водоносный комплекс предлагается задавать инфильтрационное питание повышенной интенсивности, так как техногенный горизонт обладает повышенной проницаемостью.

5. На стадии эксплуатации шахты необходима организация мониторинга для обоснования параметров геофильтрационной модели, позволяющего в дальнейшем скорректировать модель.

6. При мониторинге должна быть получена информация о водопритоках и уровнях в надугольной толще, приповерхностном комплексе и горных выработках.

По результатам численного геофильтрационного моделирования можно получить уровни водоносных горизонтов на конечной стадии затопления шахт, составить по ним карту гидроизогипс и, сопоставляя ее с рельефом поверхности, определить подтопленные участки территории. Имея данные о расходах воды и участках подтопления поверхности, можно обосновать целесообразность дренажных мероприятий и оптимальные параметры дренажных сооружений.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Методические указания по изучению и прогнозу техногенного режима подземных вод при освоении угольных месторождений / ВНИМИ. СПб, 1992.

2. *Норватов Ю.А.* Гидрогеологический анализ и прогноз условий ликвидации угольных шахт / Ю.А.Норватов, И.Б.Петрова, А.С.Степанова // Наука в СПГГИ. СПб, 1998. Вып.2.

3. *Норватов Ю.А.* Гидрогеологическое прогнозирование при ликвидации шахт / Ю.А.Норватов, И.Б.Петрова // Горный вестник. 1998. № 4.

Научный руководитель д.г.-м.н. проф. *Ю.А.Норватов*