

УДК 622.33.502

А.С.Ягунов, И.А.Спирева, О.А.Ягунова

О ТИПИЗАЦИИ СХЕМ И ВРЕМЕНИ ЗАТОПЛЕНИЯ ШАХТ В КУЗБАССЕ

Комплексная оценка гидрогеологических условий затопления шахт при их ликвидации должна включать решение ряда основных задач по прогнозу скорости и времени затопления шахты, прогнозу уровня грунтовых вод, возможности подтопления поверхности, оценке водопритоков в действующие шахты, граничащие с ликвидируемой через барьерные целики и др. [1] От достоверности исходных гидрогеологических параметров и обоснованности прогнозных гидрогеологических оценок зависит выбор способа ликвидации шахты, проектные решения по которому базируются на технико-экономических оценках затрат по вариантам, с учетом обеспечения промышленной и экологической безопасности.

Расчет необходимых объемов воды и времени затопления шахты в [1] рекомендуется производить поинтервально, исходя из существующих водопритоков, зафиксированных к моменту ликвидации шахты, объема добычи угля по шахте за весь период ее существования и широкого спектра коэффициентов пустотности, предлагаемых для различных горно-геологических условий и различных видов выработок (очистных и подготовительных). Объем воды, необходимой для заполнения пустот в очистных и подготовительных выработках в пределах расчетного интервала, рассчитывается как произведение добычи угля (горной массы) за этот период на соответствующие коэффициенты пустотности, а время необходимо для заполнения водой этого интервала как отношение вычисленного объема пустот к среднему водопритоку по шахте.

Методика расчета достаточно проста, однако при применении ее получаемые резуль-

таты по срокам затопления шахт имеют порой значительные отклонения от фактических случаев, что связано с трудностью разграничения по пустотности всей подработанной толщи пород на соответствующие зоны (интервалы). Поэтому в СФ ВНИМИ с 1998 г. разработана и используется достаточно простая модель расчета параметров затопления (время, объем и остаточный водоприток), основанная на типизации фактических уровней затопления более 20 шахт в Кузбассе.

Схема 1 (рис.1) имеет наибольшее распространение и приурочена к моноклинальному залеганию свиты пластов в Кузбассе.

Подработанный массив представлен слабопроницаемыми отложениями. Горные работы в свите пластов велись на глубинах от сравнительно малых до глубин $H=600-700$ м и более.

В общем случае, водопритоки в выработанное пространство шахт формируются за счет инфильтрации атмосферных осадков в пределах области активного питания - водосбора, определяемой площадью выходов пластов под наносы, площадью выхода зоны водопроводящих трещин под наносы и площадью занятой депрессионными кривыми фильтрационных потоков в наносах (1) и приповерхностном водоносном комплексе, приуроченном к зоне выветривания (2).

Для этой схемы характерна линейная, практически постоянная, скорость затопления шахты до проектного уровня H_{Π} , т.е. до глубины 80-130 м от поверхности. При затоплении шахты водопритоки Q в нее до достижения H_{Π} остаются практически стабильными (рис.1,в), далее водопритоки и их скорости снижаются за счет

увеличения площади затопления в пределах депрессионной воронки и снижения градиента напоров в ней по мере ее затопления. При полном затоплении шахт происходит либо самоизлив воды в понижениях рельефа через самоизливные скважины, либо подтопление поверхности в бессточных мульдах, или то и другое вместе.

Расчет параметров затопления по этой схеме производится в следующей последовательности:

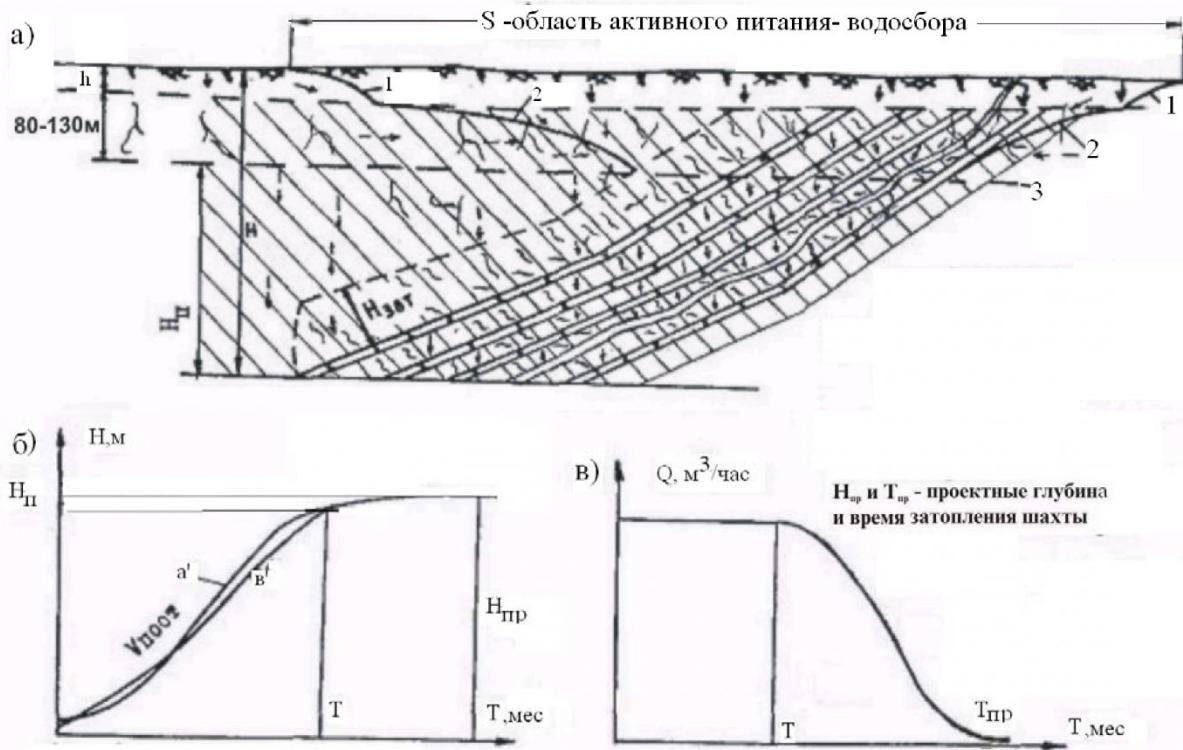
- исходя из добычи угля по шахте за весь период ее существования и объема подготовительных и капитальных выработок, рассчитывается общий объем пустотности шахты и средняя остаточная пустотность, приходящаяся на 1 п.м. затопления шахты при средних значениях коэффициентов пустотности $K_{II}=0.15-0.17$;

- рассчитывается объем остаточной пустотности для нижнего интервала затопления (до границы приповерхностной трещиноватой зоны) и время затопления этого интервала по фактическому водопритоку в шахту, зафиксированному в момент отключения водоотлива; расчетные интервалы задаются произвольно и далее уточняются;

- рассчитывается водоприток в интервалах приповерхностной трещиноватой зоны (приповерхностного водоносного комплекса) по методике ВНИМИ [2]

$$Q = \frac{2\pi T \cdot S_0}{\ln R / r_0}, \text{ м}^3/\text{сут} \quad (1)$$

где T - проводимость пород подработанной толщи в пределах приповерхностного водоносного комплекса, $\text{м}^2/\text{сут}$ – определяется по геологоразведочным данным, либо ее приближенно можно определить обратным расчетом по выше-



← — активная инфильтрация; ← - пассивная инфильтрация; 1, 2 - депрессионные кривые соответственно в наносах и приповерхностной зоне выветривания ; 3- подошва приповерхностного водоносного комплекса; \ \ \ -слабопроницаемая угленосная толща, сложенная глинистыми разностями; $\infty \eta \varphi$ - приповерхностный водоносный комплекс, приуроченный к зоне выветривания

Рис. 1. Типовая схема I

- а)схема формирования водопритоков на период отключения водоотлива при ликвидации шахты;
б)характерный график зависимости уровня затопления шахты от времени T ;
в) график изменения водопритоков во времени

приведенной формуле исходя из водопритока зафиксированного в момент отключения водоотлива при $S_0=80-150$ м ;

S_0 - напор воды в интервале, м – рассчитывается как разница между отметками поверхности и интервала затопления;

R - радиус влияния системы при работающем водоотливе шахты, м – определяется опытными откачками, а при их отсутствии можно принимать в диапазоне $R=3000-5000$ м;

$r_0=(F/\pi)^{1/2}$ - радиус "большого колодца", м;

F - площадь шахтного поля, m^2 ;

время затопления любого интервала (t) определяется по рекомендациям [1].

Схема 2 (рис.2.). Угленосная толща представлена свитой сближенных пластов наклонного и пологого залегания. Вме-

щающие породы со стороны кровли верхнего пласта в свите представлены трещиноватыми песчаниками и алевролитами, значительно обводненными. Зона водопроводящих трещин, от выемки свиты пластов в мульдовой части, пересекает водоносные песчаники, а верхняя граница ЗВТ находится на глубинах 150-200м и более от поверхности.

Водопритоки в шахту формируются за счет инфильтрации атмосферных осадков, причем из- за рельефа местности подземные воды имеют напорно-безнапорный характер, наносы на слабохолмистых склонах представлены слабопроницаемыми суглинками мощностью 25 м и более, способными удерживать поверхностные грунтовые воды в зоне подработки без их дренажа в шахту.

Для этой схемы характерна также приуроченность шахтного поля к речной сети и практически постоянная скорость затопления шахты (рис.2б). Водопритоки в шахту стабильны и уменьшаются незначительно, даже при полном затоплении шахты (рис.2в) до проектной величины. При полном затоплении шахты по этой схеме подтапливается поверхность в понижениях рельефа и пойменных частях (шахты "Пионерка", им. Орджоникидзе и "Смычка" в Кузбассе), если не использовать вертикальный дренаж.

Расчет параметров затопления по этой схеме ведется сначала по схеме 1, а затем в трещиноватой зоне по параметру повышения уровней ΔH_i в любой точке приповерхностного водоносного комплекса с учетом разгрузки шахтных вод в

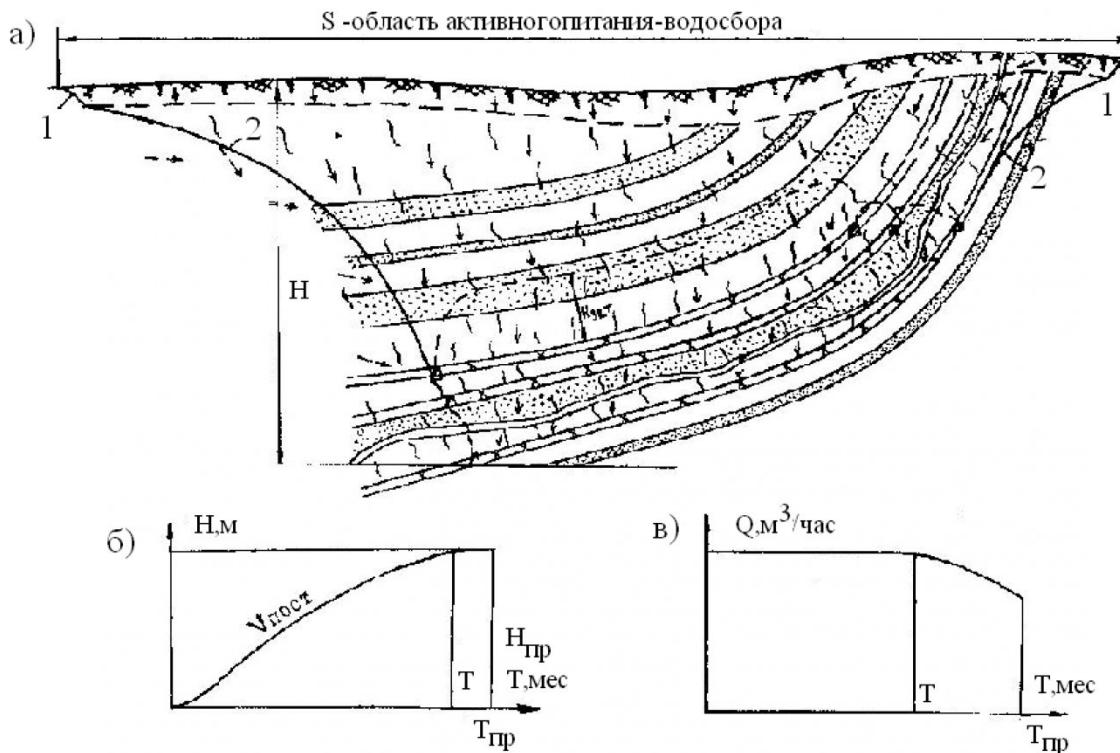


Рис.2. Типовая схема 2

- а) схема формирования водопритоков на период отключения водоотлива;
 б) характеристический график зависимости уровня затопления шахты от времени T ;
 в) график изменения водопритоков во времени

речную сеть по зависимости, рекомендуемой проф. Ю.А.Норватовым [3]

$$\Delta H_i = \Delta H_0 \frac{\ell g \sqrt{4L^2 - 4Ly + r^2}}{r \ell g \frac{2L}{r_0}}, \quad m, \quad (2)$$

где ΔH_0 - превышение уровня шахтных вод в затопленной шахте над уровнем аллювиального горизонта (на участке разгрузки радиусом r_0);

r, y - координаты расчетной точки относительно участка разгрузки, м;

L - расстояние от участка разгрузки до реки, м.

Коэффициент пустотности K_p принимается равным 0,16-0,18.

Схема 3 (рис.3). Угленосные отложения представлены смятыми в шарнирные складки породами и угольными пластами крутого и нарушенного залегания. Сближенные угольные пласты залегают в слабопроницаемой толще, которая до глубин

80-150 м перекрыта приповерхностным водоносным комплексом (трещиноватыми породами), приуроченным к зоне выветривания. Шарниры складок имеют повышенную трещиноватость, зоны трещиноватости в них изменяются от 30 м в антиклиналях до 140 м в синклиналях.

Водопроводящие трещины, от выемки свит мощных пластов, пересекают приповерхностный водоносный комплекс со стороны висячего и лежачего боков свиты пластов.

Область активного питания – водосбора, практически полностью охватывает площадь горного отвода шахты, включая депрессионную воронку (рис.3а).

Скорость затопления шахты практически постоянна на участке от горизонта затопления до H_p (рис.3б), далее падает, за счет водонасыщения приповерхностной трещиноватой зоны. С этого периода (T), водопритоки в шахту уменьшаются

до минимума при полном ее затоплении (рис.3в). Депрессионные кривые со стороны висячего бока свиты пластов имеют трехступенчатый характер (рис.3а). Эта схема характерна для шахт Прокопьевско-Киселевского района и частично Кемеровского и Новокузнецкого районов Кузбасса. При полном затоплении шахты по этой схеме возможность самоизлияния воды в понижениях рельефа полностью не исследована.

Расчет параметров затопления по этой схеме производится по аналогии со схемой 1, коэффициент пустотности принимается равным в диапазоне 0,20-0,25.

В Кузбассе за период 1995-2003 гг. ликвидировано 43 шахты из них с частичным или полным затоплением – 36, сухим способом в т.ч. с перетоком воды в действующие шахты – 7. В таблице приведены результаты сравнения прогнозного расчетного времени затопления



Схема 3. Типовая схема 3
 а) схема формирования водопритоков на период отключения водоотлива;
 б) характерный график зависимости уровня затопления шахты от времени;

в) график изменения водопритоков во времени

шахт, выполненного СФ ВНИМИ при выдаче заключений, проектным организациям с фактическими данными, полученными позже региональными группами мониторинга.

Как следует из таблицы, отклонение расчетного от фактического времени затопления шахт вполне удовлетворительное, что указывает на достаточно полный учет исходных дан-

ных и корректность применяемой методики расчета.

По данным расчета и сравнения фактического времени затопления шахт по 6-ти случаям удалось оценить проводи-

Таблица
 Сравнение расчетных и фактических случаев частичного или полного затопления шахт

№ пп	Шахта	Нижняя отметка ведения горных работ, м	Отметка поверхно- сти или са- моизлива, м	Время затопления, сут.		Отклоне- ние, %	Примечание
				расчет- ное	фактиче- ское		
1.	"Северная"	-181,0	+154,1	1095	1268	13,6	излив
2.	"Ягуновская"	-100,0	+133,4	700	1320	47,0	"-
3.	"Бутовская"	-90,0	+143,4	700	960	27,0	"-
4.	"Волкова"	-100,0	+173,3	1000	1050	4,8	"-
5.	"Бунгурская"	+150,0	+259,7	240	395	39,2	"-
6.	"Шушталепская"	+60,0	+221,7	540	600	10,0	"-
7.	"Кольчугинское ш/у"	-95,0	+264,0	1280	1300	1,5	частичн. затопл.
8.	"Пионерка"	-60,0	+187,7	540	690	21,7	погр. насос
9.	"Западная"	-125,0	+335,0	200	300	33,3	"-
10.	"Красный Кузбасс"	+175,0	+408,3	500	510	2,0	"-
11.	"Тайбинская"	+50,0	+354,9	180	200	10,0	"-
12.	ГШУ, шх. №3	±0,0	+220,0	720	600	20,0	переток
13.	ГШУ, шх. №2	+50,0	+220,0	660	450	24,4	"-
14.	им. Калинина	+40,0	+310,5	50	70	28,6	погр. насос
15.	"Ноградская"	-75,0	+302,0	100	120	16,7	"-
16.	"Бирюлинская"	-10,0	+220,0	900	1080	16,7	переток
17.	"Сигнал"	±0,0	+230,0	1260	1095	15,0	"-
18.	"Ярославского"	-100,0	+220,0	25	30	16,7	"-
19.	"Суртаиха"	+60,0	+318,0	180	240	25,0	погр. насос
20.	им. Вахрушева	+70,0	+335,0	180	180	0,0	"-
21.	"Нагорная"	±0,0	+300,0	960	1290	25,6	переток

Сред. 19,3%

мость подработанной толщи в пределах мощности зоны приповерхностного водоносного комплекса которая может изменяться от 10 до $40\text{m}^2/\text{сут}$. (в среднем $20\text{-}30\text{m}^2/\text{сут}$).

Анализ имеющихся случаев расчета времени затопления шахт и водопритоков для стадии включения погружного насоса или самоизлива воды через специально пробуренные скважины показал, что для первого этапа затопления шахты (до H_{II}) сходимость расчетных параметров гораздо выше, несмотря на то, что коэффициент пустотности берется средний для всего подработанного массива. С переходом уровня зато-

щения шахты в приповерхностный водоносный комплекс точность расчета скорости ее затопления снижается и будет зависеть от правильности выбора фильтрационных характеристик этой толщи и учета наличия в покровных отложениях галечников. Такие характеристики как проводимость, радиус влияния шахты, радиус депрессии, понижение напора на контуре дренажа могут в значительной мере влиять на результаты расчета численного значения времени затопления шахты и водопритоков при самоизливе. Величина пустотности для этой зоны не существенна.

Так на шахте "Ягуновская" затопление первых 230м по глу-

бине произошло за 14 мес., а последующих 4,5м лишь за 30 мес. за счет перетока воды по галечникам. Заметную роль при расчетах играет мощность зоны трещиноватости приповерхностного водоносного комплекса и размытость ее нижней границы.

Оценивая в целом методику расчета параметров затопления, следует отметить, что ее применение для предварительной оценки сроков затопления шахты вполне оправдано с практической точки зрения, что значительно сокращает время оценок по сравнению с использованием геофильтрационной модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Методические указания по оценке гидрогеологических условий ликвидации угольных шахт, обоснованию мероприятий по управлению режимом подземных вод и обеспечению экологической безопасности. М., ИПКОН РАН, 1997.
- Методические указания по изучению и прогнозу техногенного режима подземных вод при освоении угольных месторождений. ч. II изд. ВНИМИ, С-Пб, 1992.
- Норватов Ю.А. "Исследования ВНИМИ в области геокологии". В сб. Горная геомеханика и маркшейдерия в III тысячелетии: 75 лет ВНИМИ. С-Пб, 2004 (М-во промышленности и энергетики РФ, РАН).

Авторы статьи

Ягунов
Анатолий Степанович
- канд.техн.наук, директор Сибирского филиала
ОАО ВНИМИ

Спирева
Ирина Алексеевна
- н.с., лаборатории сдвижения горных пород Сибирского филиала
ОАО ВНИМИ

Ягунова
Ольга Анатольевна
- ст. инженер, КЦМПЭБ (Кузбасский центр мониторинга производственной и экологической безопасности

УДК 622.272.6

О.С. Климакина

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ЗАПАСОВ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

В общем количестве запасов угля для подземной добычи велика доля нетехнологичных запасов, затраты на извлечение которых превышают ценность получаемого товарного угля. Под технологичностью запасов угля будем понимать пригодность их к эффективной отработке с применением высокопроизводительной добычной техники [1].

Оценкой запасов занимаются различные специалисты горного профиля: геологи, технологи, маркшейдеры [1-5]. Поэтому и в отношении технологичности можно выделить различные подходы:

геологический и технологический.

Для условий Кузбасса практически все разведанные запасы угля подсчитаны методом геологических блоков. При этом блоки выделены с учётом геологической и тектонической однородности, т.е. включают только ту площадь пласта, в которой мощность, условия залегания и качественные свойства угля удовлетворяют требованиям, предъявляемым к соответствующей группе запасов, в том числе к балансовым и забалансовым.

Кондиции для подсчёта запасов остаются не-