

УДК 622.27:622.1

ЧЕРНИКОВА С.А., СМЕШКО Н.И. (ДонНТУ)

## ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДИНАМИКУ ЗАТОПЛЕНИЯ ПОДРАБОТАННОГО МАССИВА

В процессе реструктуризации угольной отрасли ряд шахт Алмазно-Марьевского региона Донбасса выведен из эксплуатации. При «мокрой консервации» шахты после прекращения работы водозаборных и водоотливных установок шахта затапливается, шахтные стволы подлежат засыпке.

Для отслеживания гидрогеологической обстановки, предупреждения последствий увеличения водопритока на соседних с затапливаемой шахтой, решения возникающих экологических и социальных последствий, производится мониторинг гидрогеологической обстановки подработанных шахтных полей. Мониторинг проводится маркшейдерскими и геологическими службами специализированных организаций по вскрышным выработкам, а также специально пробуренным гидронаблюдательным скважинам. По каждому из объектов количество наблюдений колебалось от 10 до 78.

На протяжении нескольких лет с определенной периодичностью замерялись уровни подземных вод и брались пробы на химический анализ.

Авторами был проведен комплекс исследований по 34 объекту — шахтным стволам, вентиляционным и гидронаблюдательным скважинам на протяжении четырех лет с момента начала наблюдений за уровнем подъема воды.

Для оценки динамики процесса затопления использовали абсолютную отметку уровня воды и скорость затопления отдельных участков подработанного массива, которая определялась частным от деления разности абсолютных отметок уровня подземных вод на период времени, прошедший между измерениями.

Исследование выполнялось по двум направлениям:

1. Определялся характер зависимости абсолютной отметки уровня подземных вод от геологических, горных и временных факторов в целом по исследуемому региону.

2. Устанавливалась степень влияния природных и техногенных параметров на динамику (скорость) подъема и регресса подземных вод.

Объекты наблюдения по трем затапливаемым шахтам расположены крайне неравномерно (рис.1). Так, в поймах рек, с целью определения зоны возможного затопления и предупреждения отрицательных воздействий на природную среду, пробурены и наблюдались 16 гидронаблюдательных скважин. В центральных частях шахтных полей мониторинг прово-



Рис. 1. Схема расположения объектов гидромониторинга

дился по скважинам и вертикальным выработкам на горные выработки пластов Алмазной и Каменской свит, а также в пограничных участках шахтных полей с целью выявления характера затопления смежных шахт в количестве 18 объектов. По большей части рассматриваемых объектов наблюдения велись на протяжении 3–4 лет, в настоящее время они закончены, стволы засыпаны, скважины забиты.

В результате обработки и обобщения большого количества данных определен неоднородный характер затопления исследуемого Алмазно-Марьевского региона Донбасса по закрывающимся шахтам.

Открывающаяся картина затопления позволяет сделать вывод об обособленности процесса по отдельным, дискретным участкам, отсутствию перетока воды на соседние участки, что доказывается перепадом абсолютных отметок в десятки и сотни раз на один период времени. Выявился также различный характер процесса в центре шахтного поля и в поймах рек, у выходов пластов.

Так, например, при пологом залегании пластов, отсутствии крупных тектонических нарушений и изолированном положении шахты («Замковская», 14 объектов наблюдения) процесс идет по следующей схеме: в поймах рек (скважины Б-23ГН -Б-30 ГН, 3-9ГН, 3-11ГН, 3-18ГН) разница в абсолютных отметках на начало и конец затопления составляют от 40 до 11 м. Здесь отмечается сравнительно быстрая (12–15 месяцев) стабилизация уровня с последующим регрессом уровня в 80% случаев наблюдения. В центре шахтного поля этой же шахты разница отметок больше: 52 и 8 м соответственно. Скорость подъема воды относительно невелика и составляет 0,02 м/сутки. В отдельных участках увеличения скорости до 20 м/мес и выше четко привязываются к зонам водопроводящих трещин от бывших горных работ и трещиноватым известнякам.

По-иному происходит затопление в шахтных полях с наклонным залеганием пласта и наличием крупных тектонических нарушений (шахты «Брянковская» с шахтоучастками) и им. Ильича. В этом случае процесс крайне неравномерен, отличается большими амплитудами колебаний, как абсолютных отметок уровня подземных вод, так и скоростей подъема. Так, разница отметок по объектам шахт «Брянковская» и им. Ильича составляет от 266 до 8 м. Средняя скорость затопления по этим объектам колеблется от 0,03 до 0,39 м/сутки, в ряде случаев наблюдаются случаи регресса уровня. Отмечены резкие подъемы уровня со скоростью до 130–150 м/мес единичного характера.

Как известно, для горных служб представляет интерес переток шахтной воды по границам шахтных полей. При анализе динамики подъема воды на таких смежных объектах выявлено, что отметки воды отличаются в десятки раз (табл. 1) и сближаются до 10 м. лишь через два года, когда процесс близок к завершению.

Табл. 1. Сравнение отметок объектов наблюдения смежных шахт

Наименование объекта	Дата наблюдения		
	02.1998	02.1999.	02.2000
И-3ГН	-75.0	-57.0	-5.0
НБ-4ГН	-121	-88.0	+5.0

Таким образом, неравномерность как абсолютных отметок шахтных вод, так и скорости их подъема обуславливают необходимость создания принципиально нового подхода к методам прогнозирования динамики затопления как отдельных участков, так и шахты в целом.



Выявлена устойчивая корреляционная связь между абсолютной отметкой уровня воды и временем от начала наблюдения процесса. Проанализировано 15 объектов, по которым наблюдения велись не менее полутора лет. Всего количество наблюдений 447. Колебания абсолютных отметок от  $-511.0$  до  $+168.5$ . Время затопления от 2 до 1311 суток.

В ходе исследования было проанализировано влияние на уровень подземных вод следующих параметров: времени от начала затопления, интервалов затопления, время затопления отдельных интервалов.

С помощью статистического анализа [3,5] было установлено, что корреляционная связь между абсолютной отметкой уровня и временем начала затопления стабильно высокая даже по объектам, имеющим периоды резких подъемов и регрессов уровня. Это обстоятельство указывает на существование прямолинейной связи между скоростью  $V$  изменения уровня подземных вод и абсолютной отметкой  $H_{абс}$  этого уровня, т.е.

$$V = a * H_{абс} + c.$$

Практически это означает, что возможно выполнить расчет прогнозной отметки уровня воды уже через 6–8 месяцев от начала наблюдений, что и было нами выполнено по ряду объектов мониторинга. Дальнейший анализ показал 80% сходимость расчетных показателей  $H_{абс}$  с фактическими. Напротив, выявлено, что скорость подъема уровня, как и интервал затопления, не определяется временем затопления. Очевидно, что при расчете прогнозной отметки уровня, времени и скорости затопления по отдельным интервалам необходимо принимать во внимание совокупность горно-геологических параметров массива, по которому предполагается подъем шахтной воды. Прежде всего — наличие трещиноватых водообильных слоев пород и выработанного пространства.

Задача определения скорости подъема воды и времени затопления отдельных горизонтов и затопливаемой шахты в целом, на настоящий момент не имеет точной методики решения. Как известно, в существующих методиках определения динамики затопления подработанного массива пород [1] учитываются такие факторы, как водоприток по отдельным горизонтам, переток воды на соседние шахты, объем очистных и подготовительных выработок в местах затопления и коэффициент заполнения выработанного пространства. Нами были проанализированы эти параметры.

Практика горного дела показывает, что водопритоки и перетоки шахтных вод отличаются крайне неравномерным проявлением. При ведении горных работ водоприток определяется по отдельным горизонтам, что не достаточно для прогноза. Проектный водоприток вычисляется по эмпирическим формулам проф. Д.И.Щеголева с учетом высотных отметок проектного горизонта. Ошибки в определении водопритока составляют 50–70%. Объемы очистных и подготовительных выработок определяются по планам горных работ шахты. При этом не учитывается то обстоятельство, что водой заполняется не только объем очистных и подготовительных выработок, скорректированный коэффициентом заполнения выработанного пространства, но и весь трещиноватый массив на высоту зону водопроводящих трещин.

Коэффициент заполнения выработанного пространства отражает соотношение объемов откачанной воды и выработок по данным откачки шахт Донбасса в 1940–1950 годы. Очевидно, что в настоящее время многократно подработанный массив пород обладает измененными фильтрационными свойствами, которые не отражены этими показателями. Анализ по всем объектам гидромониторинга показал отсутствие какой-либо корреляционной связи между скоростью подъема и вышеперечис-

ленными величинами — коэффициентом заполнения, объемами выработок и водопритоком, определенным по данным шахтных служб.

Таким образом, необходим принципиально новый подход к прогнозу динамики затопления. Неравномерность подъема шахтных вод и разница в абсолютных отметках в десятки и сотни метров даже на сближенных объектах, дает основание строить методику прогноза по отдельным дискретным участкам подработанного массива с учетом геологических и горнотехнических факторов.

В ходе исследования динамики затопления анализировали влияние следующих показателей: физические свойства пород — гидравлическая составляющая массива  $\gamma^*H$  с учетом геологической нарушенности; сопротивляемость пород исследуемого интервала сжатию  $\sigma_{сж}$ , отнесенная к гидравлической составляющей  $\gamma^*H$ ; водоприток по слоям  $Q_i$ , отражающий изменение фильтрационных свойств пород массива при подработке; водоприток по горным выработкам и горизонтам  $Q$  шахт., по данным шахтных служб при эксплуатации шахты. Физические свойства пород принимались из Кадастра пород и по данным исследований специалистов горного факультета Украинской инженерно — педагогической академии, проводимых в разное время по полям шахт исследуемого региона.

Водоприток по интервалам и слоям  $Q_i$  рассчитывался через коэффициент фильтрации горных пород с учетом характера подработки массива, заполняемого подземными шахтными водами с выделением зон обрушения и зон водопроводящих трещин (ЗВТ). Необходимость применения такой методики расчленения массива высказана многими авторами [2–4].

С помощью статистического анализа объекты разделены по характеру протекания процесса (скорости, времени стабилизации уровня). Были выделены две группы по всем объектам мониторинга:

1. Участки подработанного затопляемого массива вне зон обрушения и ЗВТ от ранее проводимых горных работ.
2. Участки в зонах обрушения и в ЗВТ.

Природные и технические параметры, определяющие процесс затопления, можно ранжировать по степени их влияния на скорость подъема подземных вод. Эти параметры для условий Алмазно-Марьевского региона изменяются по вышеприведенным группам в следующих диапазонах:

Табл. 2. Параметры процесса затопления шахт

Наименование показателей	1 группа	2 группа
$V$ , м/мес	2,4-31,4	2,36-150
$Q_i$ , м <sup>3</sup> / час	0,04-10,8	0,0009-1,13
$\sigma_{сж}$ , Мпа	43-104	38,5-104
$\gamma^*H$ , Мпа/ м <sup>2</sup>	205-1185	49-744
$Q_{шахт}$ , м <sup>3</sup> / час	35–220	

Установлено, что в массивах вне ЗВТ скорость затопления определяется прежде всего физическими свойствами пород и глубиной залегания, прежде всего — гидравлической составляющей массива (рис.2).

Полученное уравнение регрессии при коэффициенте корреляции 0,71 проверено экспериментально. На 25 объектах наблюдения отклонение прогнозной скорости от фактической составило 15%. Выявлено, что по гидронаблюдательным скважинам в поймах рек при глубине от поверхности до 20 м. скорость составляет 0,01–0,005 м/мес, по ряду скважин уровень при глубине 1–6 м. оставался стабилен на про-



тяжении всего срока наблюдения, и отмечался регресс 2–17 м. На этих глубинах водоприток и сопротивляемость пород сжатию влияют на скорость затопления незначительно, это по всей вероятности объясняется отсутствием слоев трещиноватых водообильных пород.

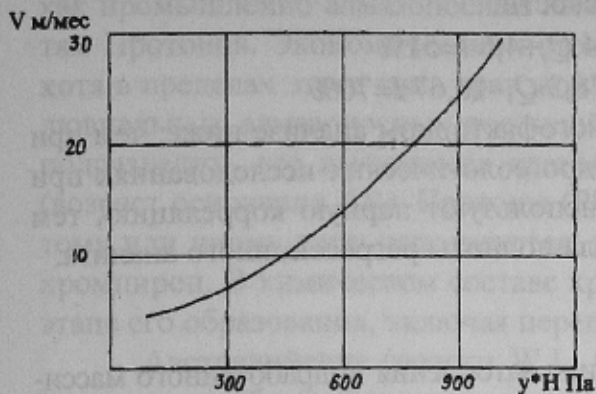


Рис. 2. Зависимость скорости затопления от гидравлической составляющей

третьей степени ширины раскрытия трещин. Авторами [4] предложен способ определения коэффициента фильтрации  $K_\phi$  в зоне повышенной водопроницаемости на расстоянии  $H$  от выработанного пространства пласта

$$K_\phi = K_{\phi, np.} \left( \frac{50 \cdot m}{H} \right), \quad (1)$$

где  $K_{\phi, np.}$  — коэффициент фильтрации пород до подработки по разведочным данным, м/сут.;  $m$  — мощность пласта, м.

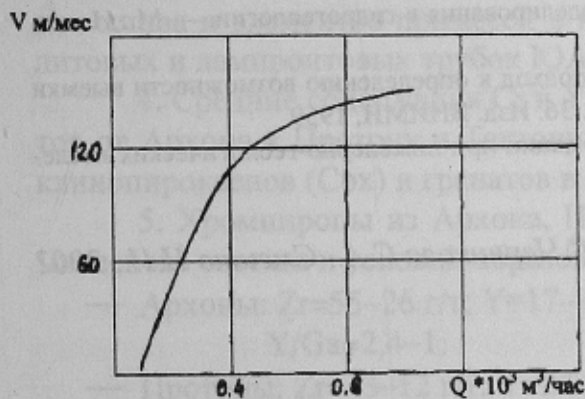


Рис. 3. Зависимость скорости затопления от водопритока

Установлено, что в зонах водопродящих трещин естественного или техногенного происхождения в наибольшей мере на динамику затопления оказывают  $\gamma \cdot H$  и водоприток по слоям  $Q$ , отражающий изменение фильтрационных свойств пород массива при подработке. Нами были выявлены зоны с измененными фильтрационными параметрами по исследуемым объектам и проанализирован по ним коэффициент фильтрации и динамика подъема воды.

С учетом выводов Г.М. Ломизе, который утверждает, что в трещиноватых породах при ламинарном режиме фильтрации коэффициент фильтрации пропорционален

коэффициент фильтрации пропорционален

Нами был произведен расчет и анализ высоты ЗВТ, рассчитан по ним средневзвешенный  $K_\phi$  и водоприток по дискретным участкам по методикам [2,4]. Установлена зависимость скорости затопления от полученной величины водопритока (рис.3).

Получены уравнения регрессии, коэффициент корреляции 0,70. Выполнена проверка по распределению Фишера при уровне значимости  $\alpha=0,05$ , все значения исследуемой совокупности находятся в пределах трехсигмового интервала. По полученным уравнениям регрессии выполнен экспериментальный расчет по двум группам

объектов, общее число наблюдений 48. Отклонение прогнозной скорости от фактической составило 10–15%.

При построении прогноза на основе водопритока, полученного в процессе эксплуатации шахты геологическими службами  $Q_{\text{шахт}}$ , математическое моделирование дает отрицательный результат, что вероятно объясняется недостатками методики определения водопритоков в целом.

При объединении параметров, влияющих на характер затопления, были получены устойчивые корреляционные связи между скоростью подъема уровня воды, водопритоком, рассчитанным через измененный коэффициент фильтрации, гидравлической составляющей массива и сопротивляемостью пород сжатию. В качестве регрессионных функций были определены плоскости:

1 группа:  $V = -0,08 \sigma_{сж} + 0,02(\gamma \cdot H) - 0,4 \cdot Q_i + 4,6 \cdot I = 51\%$

2 группа:  $V = -0,058 \sigma_{сж} + 0,12(\gamma \cdot H) - 78,3 \cdot Q_i - 16,67 \cdot I = 70\%$

Отмечено, что качество прогноза при многофакторном анализе ниже, чем при двухфакторном. И хотя отмечено [5], что в гидрогеологических исследованиях при небольших объемах выборок наиболее часто используют парную корреляцию, тем не менее необходимы дальнейшие изыскания для полноты регрессионного анализа.

### **Выводы**

Существующие методики прогноза динамики затопления подработанного массива не учитывают дискретный характер данного явления. Кроме того, величины, входящие в них, носят приближенный характер и не отвечают проверке наличия тренда.

Прогнозирование показателей динамики затопления дискретных частей подработанного массива должно строиться на анализе гидрогеологических параметров отдельных слоев, выделении в массиве зон водопроницающих трещин с измененными характеристиками водопроницаемости.

Полученные зависимости и уравнения будут справедливы для приблизительно одинаковых природных условий, что служит основанием для прогноза.

### **Библиографический список**

1. Гидрогеология СССР. Том 6, Затопление и откачка шахт Донбасса. Под редакцией Д.И.Щеголева. — М.: Недра, 1971.
2. Хохлов И.В. Опыт определения фильтрационных свойств подработанного массива пород // Обзор / ЦНИЭИуголь. — М., 1986.
3. Гавич И.К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. — М.: Недра, 1980.
4. Кацнельсон Н.Н., Никольская Н.М. Новый подход к определению возможности выемки угля под водотоками и водоемами // Сб. тр. ВНИМИ, вып. 36. Изд. ВНИМИ, 1959.
5. Комаров И.С. Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях. — М., 1979.

© Черникова С.А., Смешко Н.И., 2002

УДК 549.21(477)

МИГОВИЧ О.П., ПАНОВ Ю.Б. (ДонНТУ)

## **СВЯЗЬ АЛМАЗНОСТИ С ВОЗРАСТОМ И СОСТАВОМ ПРИАЗОВСКОГО И ВОЛЫНСКОГО БЛОКОВ УКРАИНСКОГО ЩИТА**

Сегодня ученые, занимающиеся прогнозированием и поиском коренных источников алмазов, пытаются найти методы и методики, позволяющие безошибочно и быстро давать ответ на главный интересующий всех вопрос: перспективна ли эта территория для поиска алмазов или нет? В этом плане будет интересен метод, когда принимается во внимание тип кратона (возраст его основания), на котором ведутся поисковые работы на алмазы.