

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ ОСЕДАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОДРАБОТКАХ И ВОДОПониЖЕНИИ

Выполнена оценка точности прогнозирования максимальных оседаний земной поверхности при подземной разработке Никопольского марганцевого месторождения и проводимом водопонижении. Анализируются результаты инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях.

Виконана оцінка точності прогнозування максимальних осідань земної поверхні при підземній розробці та водопониженні на Нікопольському марганцевому родовищі. Аналізуються результати інструментальних спостережень на спостережних станціях.

The estimation of accuracy of forecasting maximal displacement a terrestrial surface is executed at underground mining Nikopol manganese deposit and spent water-downturn. Results of tool supervision at observant stations are analyzed.

При решении практических вопросов, связанных с подработкой различных зданий, сооружений и природных объектов, возникает необходимость проведения расчетов сдвижений и деформаций горных пород и земной поверхности, которые выполняют по известным методикам [1-5].

Известно, что на шахтах Марганецкого ГОКа ведение очистных горных работ осложнено наличием в толще горных пород водоносных горизонтов (как безнапорных, так и напорных). При этом основным источником обводнения горных выработок является нижнесарматский водоносный горизонт. Этот горизонт напорный, – величины напоров, в среднем, составляют от 8 до 15 м и более, представлен мелкозернистыми песками мощностью 3-4 м, местами до 10 м. Горизонт является надрудным, водоносные пески отделены от марганцеворудного пласта глинами мощностью от 5 до 20 м.

Питание горизонта осуществляется на большой площади, выходящей далеко за пределы шахтных полей. Водоприитоки из нижнесарматского водоносного горизонта на шахтах колеблются в широких пределах – от 5,5 до 70 м³/ч. Наличие такого количества воды в толще горных пород является значительным препятствием при разработке месторождения. Поэтому с целью предотвращения прорывов воды в горные выработки перед началом ведения очистных горных работ проводится предварительное снижение уровней водоносных горизонтов на участках, намечаемых к разработке выемочных столбов, при помощи восстающих скважин, пробуренных из подготовительных горных выработок.

В существующих методиках расчета важнейшим показателем является величина максимального оседания земной поверхности, от определения которой в значительной степени зависит точность прогнозируемых сдвижений и деформаций.

Известно, что максимальное оседание земной поверхности в условиях водопонижения в плоском дне мульды сдвижения может быть представлено в виде [4]:

$$\eta_{0o} = \eta_{0z} + \eta_{0в} \quad \text{или} \quad \eta_{0o} = q_0 m + \Delta\sigma_{\gamma} \sum_{i=1}^n k_i h_i,$$

где η_{0z} – максимальное оседание, вызванное очистными горными работами, м; $\eta_{0в}$ – максимальное оседание, вызванное водопонижением, м; q_0 – относительная величина максимального оседания (для месторождений со слабыми вмещающими породами принимается равным 0,9); m – вынимаемая мощность пласта, м; $\Delta\sigma_{\gamma}$ – величина приращения эффективных напряжений вследствие водопонижения, кг/м²; $k_i = a_i / (1 + \varepsilon_i)$ – коэффициенты, учитывающие физико-механические свойства i -того породного слоя (сжимаемость a_i и пористость ε_i), h_i – мощности сжимаемых породных слоев, м.

Поскольку процесс оседания земной поверхности при подземной разработке пластовых месторождений в настоящее время изучен достаточно детально [1-3], целью настоящей статьи является исследование основных источников погрешностей, влияющих на точность прогнозирования оседаний земной поверхности при подработках и водопонижении.

При снижении напора водоносного горизонта на величину ΔH происходит увеличение эффективных напряжений на величину

$$\Delta\sigma_{\gamma} = \Delta H \gamma,$$

где $\Delta H = H_1 - H_2$ – разность уровней воды в водоносном горизонте до и после водопонижения, м; γ – плотность воды, кг/м³.

С учетом этого компонента оседание $\eta_{0в}$ может быть представлено в следующем виде:

$$\eta_{0в} = B_{\kappa} = (H_1 - H_2) \gamma \sum_{i=1}^n k_i h_i. \quad (1)$$

Известно, что суммарное оседание земной поверхности при водопонижении будет складываться из оседаний отдельных породных слоев. При дальнейших исследованиях были использованы данные лабораторных испытаний ВНИМИ физико-механических свойств образцов горных пород Грушевско-Басанского участка месторождения и величины пьезометрических уровней подземных вод по гидронаблюдательным скважинам до начала дренажных работ.

Оценка точности выполнялась методом частных производных [6-8] с использованием результатов натурных инструментальных наблюдений за сдвигами земной поверхности на наблюдательных станциях, заложенных сотрудниками кафедры маркшейдерии НГУ на шахтах Марганецкого ГОКа.

При оценке точности прогнозирования максимальных оседаний земной поверхности при водопонижении предпочтение было отдано слою красных бурых глин, поскольку доля его сжимаемости B_i в суммарной B_{κ} весьма значительна и может достигать до 50 % (табл.1).

Таблица 1

Показатели физико-механических свойств горных пород Грушевско-Басанского участка месторождения

№№ пп	Наименование пород	Средняя мощность слоя, h_i , м	Коэффициент пористости, ε_i	Коэффициент сжимаемости при нагрузке 1 кгс/см^2 , a_i , $\text{см}^2/\text{кг}$	$K_i = \frac{a_i}{1 + \varepsilon_i}$, $\frac{\text{см}^2}{\text{кг}^2} \cdot 10^{-3}$	Средняя величина сжимаемости слоя, B_i , мм	$\frac{B_i}{B_k}, \%$
1	Суглинки светлобурые лессовидные	14,5	0,985	0,030	15,1	50-160	10
2	Глина крас- но-бурая, плотная	11,3	0,796	0,050	27,8	150-650	46-50
3	Глина тем- носерая, плотная	4,6	0,871	0,0281	15,0	20-75	4
4	Известняк- ракушечник плотный	5,3	0,710	0,003	1,8	10-20	1
5	Глина мер- гелистая серая, плот- ная	13,3	1,500	0,0116	4,6	90-140	10
6	Глина чер- ная, плот- ная, водо- носная	7,7	1,165	0,014	6,5	20-120	9
7	Песок жел- товато- серый, мел- козернистый, во- доносный	3,7	0,580	0,001	0,6	1-2	—
8	Глина яб- лочно- зеленая	11,4	1,040	0,014	6,9	80-140	10
9	Марганце- вая руда	2,1	1,128	0,050	23,5	40-100	10
10	Песок тем- но-серый, мелко- зернистый, водоносный	11,0	0,978	0,001	0,5	1-2	—

Учитывая, что в выражении (1) k_i и γ – параметры постоянные, на точность определения величины сжимаемости красно-бурых глин влияют погрешности определения ее мощности и степени водопонижения.

Погрешность определения степени водопонижения $m_{\Delta H}$ зависит от погрешностей определения уровней водоносных горизонтов до и после водопонижения и нанесения их на план. Эта погрешность условно принята равной ± 2 м.

Погрешность определения мощности красно-бурых глин m_h была принята равной ± 3 м.

В общем виде среднеквадратическая погрешность определения величины B_i может быть представлена в следующем виде:

$$M_{B_i} = \pm \sqrt{m_{B_1}^2 + m_{B_2}^2},$$

где m_{B_1} – погрешность определения B_i за счет влияния погрешности определения степени водопонижения;

$$m_{B_1} = \frac{\partial B}{\partial \Delta H} m_{\Delta H} = \gamma k_i h_i m_{\Delta H},$$

m_{B_2} – погрешность определения B_i за счет влияния погрешности определения мощности глин;

$$m_{B_2} = \frac{\partial B}{\partial h} m_h = \gamma k_i \Delta H m_h.$$

На рис. 1 представлены графики погрешностей M_{B_i} в зависимости от степени водопонижения для слоя красно-бурых глин различной мощности ($h = 15-25$ м). При этом установлено, что с увеличением мощности пород и степени водопонижения погрешность M_{B_i} увеличивается.

На рис. 2 показаны графики погрешностей m_{B_1} и m_{B_2} при известной величине водопонижения $\Delta H = 10$ м. В этом случае основное влияние на погрешность M_{B_i} будет оказывать погрешность m_{B_1} определения степени водопонижения.

На основании проведенных исследований было установлено, что только лишь для красно-бурых глин погрешности M_{B_i} при $\Delta H = 10-15$ м и $h = 20-25$ м могут достигать величин до 150-200 мм.

Учитывая неоднородность толщи покрывающих пород (суглинки, глины, песок, известняк) можно сделать вывод, что эти погрешности могут быть значительно бóльшими (до 300-350 мм) при определении суммарной осадки всей подрабатываемой толщи. Этим можно объяснить факты некоторых несовпадений графиков расчетных и фактических величин сжимаемости горных пород [4].

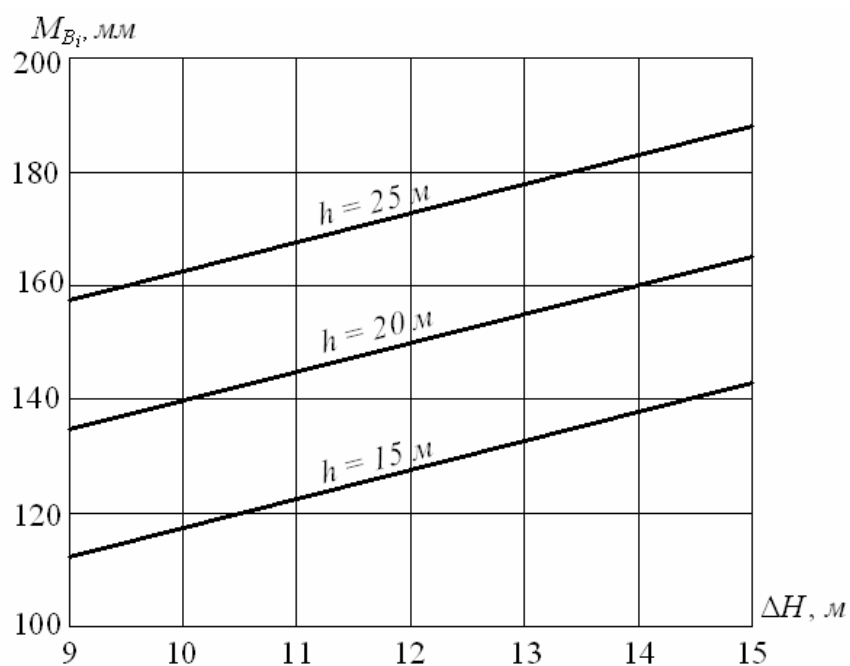


Рис.1. Графики погрешности определения величины сжимаемости красно-бурых глин M_{B_i} при различных значениях ее мощности

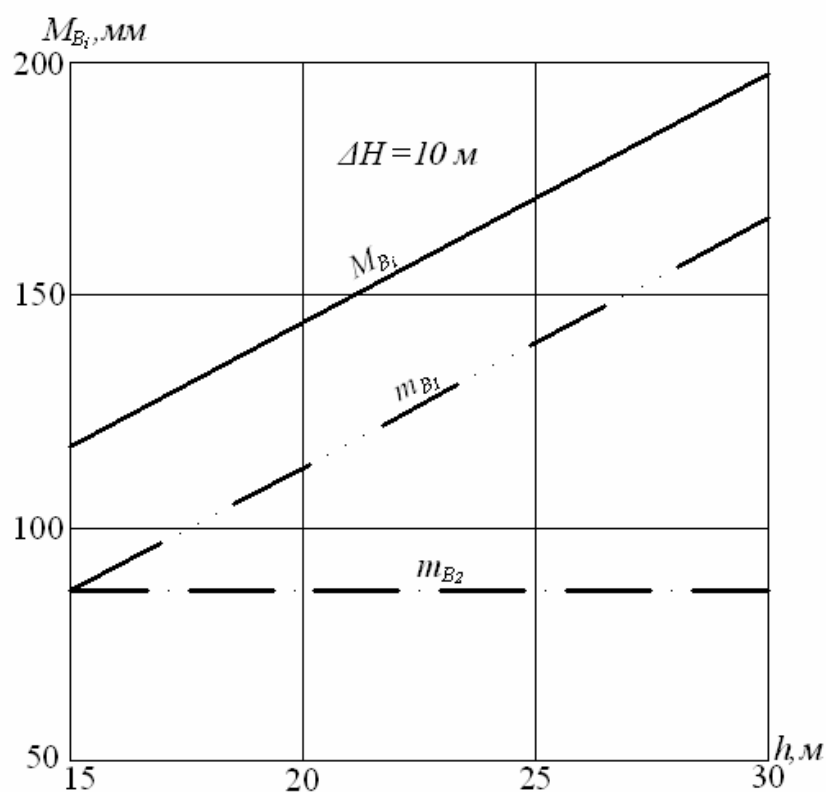


Рис.2. Графики погрешности определения сжимаемости M_{B_i} и погрешностей, влияющих на погрешность определения сжимаемости m_{B_1} и m_{B_2}

Полученные результаты позволяют сформулировать следующие основные выводы:

1. Дополнительные оседания подрабатываемого породного массива, представленного слабыми песчано-глинистыми отложениями, при водопонижении могут быть весьма значительными – до 1 м и более, что может отрицательно влиять на состояние зданий и сооружений при подработках.

2. Установлено, что величины дополнительных оседаний земной поверхности находятся в прямо пропорциональной зависимости от степени водопонижения подрабатываемой породной толщи.

3. Наибольшими коэффициентами сжимаемости обладают красно-бурые глины. Так для толщи красно-бурых глин при величине водопонижения около 10-15 м и мощности этих глин порядка 20-25 м погрешности определения величины сжимаемости могут достигать величин до 150-200 мм.

4. Отклонения расчетных максимальных оседаний от фактических, полученных по результатам натурных инструментальных измерений на наблюдательных станциях, составляют около 10-15% [4]. Это свидетельствует об удовлетворительной сходимости полученных результатов и возможности практического использования предлагаемой методики прогнозирования максимальных оседаний земной поверхности в условиях водопонижения для выбора эффективных мер охраны сооружений и объектов при подработках.

Список литературы

1. Авершин С.Г. Расчет деформаций массива горных пород под влиянием подземных разработок. Л.: ВНИМИ, 1960. – 87 с.
2. Земисев В.Н. Расчет деформаций горного массива. М.: Недра, 1973. – 144 с.
3. ГСТУ 101.00159226.001–2003. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. – Вид. офіц.– Мінпаливенерго України, 2004. – 128 с.
4. Лисица И.Г., Антипенко Г.А., Гаврюк Г.Ф. Особенности процесса сдвижения земной поверхности при разработке Никопольского месторождения // В сб.: Разработка месторождений полезных ископаемых. Вып. 91, К.: Техніка, 1992. – С. 38-43.
5. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на Никопольском марганцевом месторождении. Составители: Лисица И.Г., Антипенко Г.А., Гаврюк Г.Ф. – Днепропетровск, ДГИ, 1985. – 38 с.
6. Колбенков С.П. Оценка точности измеренных и расчетных величин деформаций земной поверхности // Тр. ВНИМИ, 1961, сб. XLIII. – С. 78-90.
7. Медянцев А.Н. О точности расчета деформаций земной поверхности // Тр. ВНИМИ, 1963, сб. L. – С. 190-193.
8. Казаковский Д.А. К вопросу о предрасчете сдвижений горных пород при разработке угольных месторождений // Тр. ВНИМИ, 1952, сб. XXV. – С. 3-11.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Назаренком В.О.
Надійшла до редакції 29.10.10*