

УДК 622.834.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОГО УРОВНЯ ЗАТОПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ШАХТ, КАК КРИТЕРИЙ ПРИ ИХ МОКРОЙ КОНСЕРВАЦИИ

**Питаленко Е. И., Шиптенко А. В., Педченко С. В.,
Артеменко П. Г.**

(УкрНИИМИ НАН Украины, г. Донецк, Украина)

Гавриленко Ю. Н.

(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

У статті розглянуто питання, що стосується визначення безпечного рівня затоплення гірничих виробок шахт при мокрій консервації з метою безпечної експлуатації будівель і споруд. Це дозволить вибрати економічно і технічно обґрунтовані рішення при розробці проектів ліквідації вугільних підприємств.

A problem relating to determination of the safe level of flooding a mine working with water under wet conservation with the aim of safe upkeep of buildings and structures is considered. This will allow choosing economically feasible and technically sound solutions when developing projects for abandonment of coal mines.

Современное формирование экологической обстановки в Донбассе и других угледобывающих регионах во многих случаях связывается с закрытием и затоплением угольных шахт. В течение 200-летнего периода развития Донбасса произошли практически необратимые техногенные изменения состояния горного массива, смещение границ зон активного, замедленного и затрудненного обмена подземных вод, изменение степени и областей взаимосвязи их с гидрографическими поверхностными объектами и условий миграции [1, 2].

Последствия установления нового техногенного режима подземных вод при затоплении шахт могут быть весьма негативными и не всегда предсказуемыми. Среди них:

- развитие деформаций земной поверхности, связанных с обводнением горных пород и снижением их прочностных связей, образование провалов, воронок, оползней;

- активизация процесса сдвижения вследствие подъема уровня затопления, увлажнение горного массива и возобновление процесса обрушения горных пород вследствие уменьшения их прочности, что приводит к нарушению метастабильного геомеханического состояния подработанного массива горных пород;

- подтопление и затопление подработанных территорий;

- повреждение зданий и промышленных сооружений;

- загрязнение подземных и поверхностных вод, в том числе и используемых для питьевого водоснабжения.

Для обеспечения экологической безопасности, сохранения окружающей среды и максимального снижения негативных последствий (в том числе и социальных) вследствие закрытия и затопления шахт, необходимо в рамках проведения единой экологической политики в угледобывающих регионах решить следующие первоочередные задачи:

- оценить условия и возможности управления уровнем подземных вод при затоплении шахт с целью исключения попадания минерализованных и загрязненных шахтных вод в гидрографическую сеть и недопущения подтопления территорий, а так же засоления почв;

- выполнить прогноз изменения прочностных свойств горных пород при их обводнении;

- выполнить прогноз сдвижения и деформаций земной поверхности от активизации процесса сдвижения горных пород при ликвидации шахт с целью определения безопасного уровня их затопления;

- разработать и осуществить оптимальные системы мониторинга для своевременного контроля над техногенными изменениями, происходящими в результате ликвидации и затопления шахт, а так же для разработки эффективных методик прогнозирования.

В настоящей статье рассмотрим один вопрос – определение безопасного уровня затопления горных выработок шахт при мокрой консервации, обеспечивающего безопасную эксплуатацию сооружений на поверхности и сохранность природных объектов.

Обводненность горных пород резко снижает их устойчивость, породы размокают и становятся склонными к сползанию и т.д., что в результате приводит к завалам в горных выработках. Так сопротивление сжатию песчаника, залегающего в кровле пласта m_3 шахты «Глубокая» в связи с обводненностью снизилось с 60–70 МПа до 17,6–35 МПа, а аргиллит, залегающий в кровле пласта l_4 , имел предел прочности на сжатие 25 МПа, но при обводненном состоянии снизил его до 13,4 МПа.

В процессе подтопления прочностные свойства горных пород уменьшаются, что может привести к потере установившегося равновесия толщи горных пород, их обрушению над выработанным пространством и к активизации процесса сдвижения. В результате чего возникнут новые деформации земной поверхности, в том числе трещины, уступы и провалы.

Сдвигения и деформации горных пород и земной поверхности, вызванные активизацией процесса сдвижения, при неблагоприятных условиях могут вызвать повреждения в зданиях и сооружениях, а также увеличение водопроницаемости и газопроницаемости пород.

Размеры зоны влияния от активизации процесса сдвижения над старыми горными выработками, характер и продолжительность сдвижения зависят от следующих факторов:

- а) суммарной мощности отработанных пластов угля, угла падения и глубины расположения выработок;
- б) размеров очистных выработок, расположения и размеров оставленных целиков;
- в) физико-механических свойств пород;
- г) структурных особенностей массива горных пород (наличие мощных крепких слоев пород, складок, геологических нарушений и др.).

Расчет сдвижения и деформаций земной поверхности от активизации процесса сдвижения горных пород при полном затоплении горных выработок выполняется от каждой отработанной

выработки с последующим суммированием соответствующих значений сдвижения и деформаций от отдельных выработок.

При расчетах ожидаемых сдвижения и деформаций земной поверхности от активизации процесса сдвижения объединялись несколько смежных отработанных горных выработок в пласте в одну эквивалентную выработку при условии, что отношение размера целика между отработанными смежными выработками $l_{ц}$ к средней глубине его залегания $H_{ц}$ меньше 0,1. При этом были использованы планы горных выработок по всем угольным пластам ликвидируемой шахты и геологическая карта шахтного поля.

При прогнозировании оседаний и деформаций от активизации процесса сдвижения при затоплении горных выработок возникло ряд проблем, основными из которых являются:

1) существующие методы расчета ожидаемых сдвижения и деформаций обоснованы и проверены для отдельных очистных выработок, т.е. небольшого количества лав. При этом наиболее существенными ограничениями являются следующие:

– выработанное пространство должно иметь форму прямоугольника, стороны которого параллельны и перпендикулярны простиранию пластов;

– для суммирования сдвижения и деформаций от отдельных выработок направление простирания пластов не должно изменяться.

2) программные средства, реализующие методы прогноза имеют определенные ограничения на количество очистных выработок и расчетных точек. Кроме того, существующие программные средства обладают недостатками, присущими для вышеуказанных методов прогноза, т.к. они базируются на принятых нормативно-методических документах.

3) в пределах отработанного шахтного поля, даже в пределах одного пласта, число выработок, которые должны быть приняты к учету, достигают несколько десятков или сотен.

4) расчеты должны выполняться для больших территорий с площадью несколько десятков квадратных километров. Поэтому число расчетных точек должно быть достаточно большим.

В формулах расчета использовалась так называемая остаточная мощность пласта.

Остаточную мощность (мощность активизации) определяли для каждой отработанной выработки по формуле:

$$m_0 = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot m_B, \quad (1)$$

где m_0 – остаточная мощность отработанного пласта, принимаемая при расчете деформаций земной поверхности от активизации процесса сдвижения при затоплении горных выработок, м;

K_1 – коэффициент, зависящий от степени метаморфизма углей;

K_2 – коэффициент, зависящий от последующих подработок горной выработки нижележащими пластами;

K_3 – коэффициент, зависящий от наличия пустот и зон разуплотнения (выбирается по результатам исследований пластов-аналогов из банка данных);

K_4 – коэффициент, зависящий от обводненности горных пород;

K_5 – коэффициент, зависящий от глубины горных работ;

m_B – вынутаая мощность пласта, м.

Коэффициент K_3 определялся на основании ранее выполненных в аналогичных горно-геологических условиях исследований на предмет определения зон разуплотнения в кровле отработанных угольных пластов и наличия пустот в горных выработках.

Так при расчете безопасного уровня затопления горных выработок ликвидируемой шахты «Глубокая» выполнен прогноз сдвижения и деформаций при условии полного затопления горных выработок. К расчету приняты все очистные выработки данной шахты, а также выработки соседних шахт, которые могут оказать влияние на расчетную область. Общие сведения о выработках, принятых к расчету с разделением по шахтам приведены в таблице 1.

Всего расчет выполнялся по 412 выработкам. Размер расчетной области составил 5550 м на 4400 м, а общая площадь – 24,42 км². Расчетные точки располагались с интервалом 50 м. Общее число расчетных точек составило 9968.

Положение выработок в пластах с выделением отдельных шахт, а также их положение относительно расчетной области показано на рисунках 1, 2, 3, 4, 5.

Таблица 1

Данные по очистным выработкам, которые приняты для расчета сдвижения и деформаций

Пласт	Всего выработок по шахтам	Количество выработок отдельно по шахтам					
		Глубокая	60-лет Советской Украины	№ 6 Красная Звезда	№ 9 Капитальная	Заперевальная № 2	№ 12
h ₁₀	178	63	35	49	31	–	–
h ₈	98	27	26	13	31	1	–
h ₇	35	–	–	15	20	–	–
h ₆	63	16	–	23	24	–	–
h ₄	38	23	6	–	–	–	9
Всего	412	129	67	100	106	1	9

Максимальные результаты прогнозных величин земной поверхности, полученные в пределах расчетной области, приведены в таблице 2.

Как видно из результатов расчета сдвижения и деформаций земной поверхности при полном затоплении горных выработок ликвидируемой шахты «Глубокая» (см. табл. 2) величины деформаций земной поверхности достигают следующих значений:

- оседания – от 0 до 739 мм;
- наклоны по простиранию – плюс 4,8 – минус 3,6 мм/м;
- наклоны вкрест простирания – плюс 5,3 – минус 4,8 мм/м;
- горизонтальные деформации по простиранию – плюс 2,9 – минус 2,2 мм/м;
- горизонтальные деформации вкрест простирания – плюс 2,3 – минус 2,3 мм/м.



Рис. 1. Схемы расположения выработок по пласту h_{10}



Рис. 2. Схемы расположения выработок по пласту h_8



Рис. 3. Схемы расположения выработок по пласту h_7



Рис. 4. Схемы расположения выработок по пласту h_6



Рис. 5. Схемы расположения выработок по пласту h_4

Таблица 2

Максимальные величины сдвижения и деформаций

Параметры	Максимальные величины	
	от	до
Оседания, мм	0	739,0
Наклоны по простиранию, мм/м	- 3,6	4,8
Наклоны вкрест простирания, мм/м	- 4,8	5,3
Горизонтальные деформации по простиранию, мм/м	- 2,2	2,9
Горизонтальные деформации вкрест простирания, мм/м	- 2,3	2,3

Застроенные территории на шахтном поле были разбиты на две зоны с различными по величине прогнозными деформациями земной поверхности:

– в первой зоне прогнозные деформации земной поверхности имеют следующие величины:

– наклоны – 3,0–5,3 мм/м;

- горизонтальные деформации – 1,0–2,9 мм/м.
- во второй зоне прогнозные деформаций земной поверхности имеют следующие величины:
 - наклоны – до 3,0 мм/м;
 - горизонтальные деформации – до 1,0 мм/м.

В первую зону деформаций земной поверхности попадают только небольшая часть построек частного сектора поселка «Объединенный». Оставшаяся часть площади этой зоны незастроенная. Остальные здания и сооружения, расположенные на поле шахты «Глубокая», расположены во второй зоне деформаций земной поверхности.

Согласно действующим нормативным документам прогнозные величины деформаций земной поверхности не превышают допустимые как для зданий и сооружений, так и для подземных коммуникаций, поэтому полное затопление горных выработок ликвидируемой шахты в рассматриваемых горно-геологических условиях допустимо.

При расчете безопасного уровня затопления горных выработок гидравлически связанных ликвидируемых шахт «Постниковская» и «Шахтерская» был проведен анализ горно-геологических условий и исходных параметров, принятых при вычислении сдвижения и деформаций земной поверхности. Вычислить деформации по отдельно взятой шахте в рассматриваемых условиях невозможно, т.к. по некоторым пластам смежных шахт горные работы перекрываются. Поэтому было принято решение объединить поля рассматриваемых шахт в единую систему. Для этого были отсканированы и метрически откалиброваны в единой системе координат все планы горных выработок. По всем планам горных выработок выполнена векторизация всех очистных выработок и подготовлена основа для расчета деформаций земной поверхности.

В таблице 3 приведена характеристика условий отработки угольных пластов по шахтам «Постниковская» и «Шахтерская».

В результате расчета сдвижения и деформаций земной поверхности при полном затоплении горных выработок ликвидируемых шахт «Постниковская» и «Шахтерская» величины де-

формаций земной поверхности достигают значительных величин, а именно:

Таблица 3
 Характеристика условий отработки пластов

Пласт	Число выработок	Годы отработки		Мощность пласта, м		Угол падения, градус		Глубина отработки		Шахта
		начало	окончание	от	до	от	до	от	до	
h ₈	70	1928	2001	1,07	1,45	10	29	31	980	№ 20
h ₆	10	1978	2004	0,90	1,95	24	30	51	445	Постни- ковская
h ₄ ^B	48	1961	1992	0,80	0,90	5	5	425	530	Постни- ковская
h ₂ ¹	52	1956	2000	0,85	1,65	18	34	56	944	Постни- ковская
h ₃	64	1954	1998	0,60	1,38	21	28	100	854	Шахтер- ская
h ₂ ¹	152	1900	1999	0,75	1,24	21	45	19	1080	Шахтер- ская

– наклоны по простиранию – плюс 15,2 – минус 19,7 мм/м;
 – наклоны вкрест простирания – плюс 18,5 – минус 31,6 мм/м;

– горизонтальные деформации по простиранию – плюс 7,9 – минус 7,6 мм/м;

– горизонтальные деформации вкрест простирания – плюс 12,9 – минус 10,6 мм/м.

Согласно действующим нормативным документам эти величины деформаций земной поверхности значительно превышают допустимые как для зданий, так и для подземных коммуникаций, поэтому полное затопление горных выработок ликвидируе-

мых шахт в рассматриваемых горно-геологических условиях недопустимо.

Как следствие был выполнен расчет деформаций при затоплении горных выработок шахты «Постниковская» для уровня затопления до отметки + 100 м. Прогнозные деформации при уровне затопления горных выработок шахты «Постниковская» до отметки + 100 м не превысили следующих величин:

- наклоны по простиранию – плюс 3,8 – минус 3,6 мм/м;
- наклоны вкрест простирания – плюс 3,7 – минус 3,9 мм/м;
- горизонтальные деформации по простиранию – плюс 2,3 – минус 1,9 мм/м;
- горизонтальные деформации вкрест простирания – плюс 2,9 – минус 2,6 мм/м.

Величины этих деформаций земной поверхности не превышают допустимых для зданий и сооружений, поэтому затопление горных выработок шахты «Постниковская» до отметки + 100 м допустимо.

При разработке «Проекта затопления горных выработок ликвидируемой шахты «Постниковская» были учтены результаты расчетов безопасного уровня затопления горных выработок с точки зрения сдвижения и деформаций земной поверхности на полях обеих шахт, что позволило выбрать правильные инженерные решения при разработке проектов затопления этих шахт.

ВЫВОДЫ

1. В результате анализа фактических горнотехнических и горно-геологических условий в зоне влияния закрываемых шахт определены остаточные мощности отрабатываемых угольных пластов, которые использованы при расчете оседания и деформаций земной поверхности от активизации процесса сдвижения при затоплении горных выработок.

2. Определены уровни безопасного затопления горных выработок ликвидируемых шахт, что позволило выбрать экономически и технически обоснованные инженерные решения при разработке проектов ликвидации угольных предприятий.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Техногенные последствия закрытия угольных шахт: Монография / Под ред. Ю. Н. Гавриленко, В. Н. Ермакова. – Донецк, 2004. – 631 с.
2. Вирішення геоecологічних і соціальних проблем під час експлуатації та закриття вугільних шахт / Янукович В. Ф., Азаров М. Я., Алексєєв А. Д., Анциферов А. В., Питаленко Є. І. – Донецьк, ТОВ «Алан», 2002. – 480 с.
3. Артеменко П. Г., Шиптенко А. В., Педченко С. В. Особенности защиты от подтопления подрабатываемых территорий [Текст] / П.Г. Артеменко, А. В. Шиптенко, С. В. Педченко // Уголь Украины. – 2005. - № 9. – С. 46.
4. Питаленко Е. И., Камбурова Л. А., Артеменко П. Г., Педченко С. В., Ягмур А. Б. К вопросу определения коэффициента заполнения горных выработок и времени затопления шахт // Матеріали міжнародної конференції 11–13 жовтня 2007 р. «Форум гірників – 2007». – Дніпропетровськ: НГУ, 2007. – С. 113-122.