

УДК 622.83

**РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ЗЕМНОЙ  
ПОВЕРХНОСТИ В ГРАНИЦАХ ГОРНОГО ОТВОДА  
ВОДООТЛИВНОГО КОМПЛЕКСА ЗАКРЫТОЙ ШАХТЫ  
ИМ. БАТОВА**

**Грищенко Н.Н., Нестеренко В.Б.** (ДонНТУ, г.Донецк,  
Украина)

**Блинникова Е.В.** (УкрНИИИ, г.Донецк, Украина)

*Проаналізовані результати моніторингу за деформацією земної поверхні в межах гірничого відведення водовідливного комплексу ліквідованої шахти ім. Батова в м. Макіївка. Зроблені висновки щодо стану процесу зрушення земної поверхні внаслідок затоплення гірничих виробок закритої шахти.*

*The results of monitoring for earth surface deformation have been analyzed in boundaries of mining lease for pumping complex of closed mine by name Batov in Makeevka. There have been made conclusions for process state of earth surface deformation due to water flooding workings of closed mine.*

После закрытия в 2003 г. шахты им. Батова в г. Макеевка Государственным предприятием "Укршахтгидрозащита" было принято решение о проведении мониторинга за деформацией земной поверхности в пределах горного отвода водоотливного комплекса ликвидированной шахты. Целью мониторинга было выявление активизации процесса сдвижения земной поверхности вследствие затопления горных выработок закрытой шахты. Основным содержанием мониторинга явилось проведение долговременных инструментальных измерений на специальных наблюдательных станциях, заложенных в наиболее опасных участках на территории водоотливного комплекса закрытой шахты.

На основе детального изучения геологических особенностей угленосной толщи, планов горных выработок по рабочим пластам шахты им. Батова, плана застройки центрального района г. Макеевки был составлен проект закладки наблюдательных станций.

В 2004 г. в центральной части города Макеевка была произведена закладка 11-ти наблюдательных станции общим объемом 1486 грунтовых реперов. Профильные линии наблюдательных станций перекрыли выхода под наносы всех основных геологических нарушений, в частности Итальянского и Калиновского надвигов. Общая совмещенная схема расположения наблюдательных станций на территории горного отвода водоотливного комплекса шахты им. Батова приведена на рис. 1.

Мониторинг за деформацией земной поверхностью в пределах горного отвода водоотливного комплекса закрытой шахты им. Батова осуществлялся в течение 27 месяцев в 2004-2006 годах. За этот период было проведено 8 серий инструментальных измерений на наблюдательных станциях. Каждая серия инструментальных измерений на наблюдательной станции включала геометрическое нивелирование грунтовых реперов профильных линий наблюдательной станции, а также измерение расстояний между центрами грунтовых реперов.

Методика высокоточных инструментальных измерений на наблюдательных станциях определялась Инструкцией [1]. Для нивелирования грунтовых реперов профильных линий наблюдательных станций применялся нивелир Копи-025 и трехметровые двухсторонние нераздвижные рейки с круглым уровнем и 10-миллиметровыми делениями.

Для измерения длин интервалов между рабочими реперами профильных линий применялась 50-ти метровая стальная рулетка производства фирмы TEN (Япония). Перед производством измерений рулетка была прокомпарирована при помощи контрольного метра №0975. Измерения наклонных расстояний между центрами реперов производились "на весу" с постоянным

натяжением рулетки 10 кг. Натяжение рулетки контролировалось эталонированным динамометром.



Рис. 1. Схема расположения наблюдательных станций на территории горного отвода водоотливного комплекса шахты им. Батова

Вынос центров реперов осуществлялся с помощью жестких отвесов ОЖ-3 конструкции ВНИМИ, которые обеспечивают проектирование центра репера на поверхность земли с точностью  $\pm 0,5$  мм. В процессе линейных измерений определялась температура воздуха с точностью до  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

Расчет величин сдвижений и деформаций земной поверхности на каждой наблюдательной станции выполнялся в соответствии с требованиями Инструкции [1]. По результатам инструментальных измерений на наблюдательных станциях вычислялись величины оседания реперов, величины наклонов, кривизны, горизонтальных сдвижений и деформаций интервалов между рабочими реперами за период между предыдущей и текущей серией измерений.

Действующий нормативный документ "Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом" определяет за начало процесса сдвижения точки земной поверхности дату инструментальных наблюдений, на которую оседание этой точки достигает 15 мм [2, п. 5.2.5]. В этом же документе за окончание процесса сдвижения земной поверхности определена дата инструментальных наблюдений, после которой суммарные оседания на протяжении шести месяцев не превышают 30 мм или 10% от максимальных оседаний [2, п. 5.2.8].

Граница зоны влияния горной выработки определяется деформациями наклонов  $0,5 \cdot 10^{-3}$  и растяжений  $0,5 \cdot 10^{-3}$  [1, п. 3.8]. При расчетах ожидаемых сдвижений и деформаций эта зона определяется граничными углами  $\beta_0$ ,  $\gamma_0$  и  $\delta_0$ , которые задаются таблично для различных регионов в зависимости от условий подработки вмещающей толщи и угла падения пласта [2, табл. 5.1]. При обработке результатов измерений на существующих наблюдательных станциях за границу зоны влияния подземных разработок принимается точка в краевой части мульды сдвижения, в которой величина наклона или растяжения составляет  $0,5 \cdot 10^{-3}$  при интервалах 15-20 м [1, п. 3.53]. Эти значения полностью соответствуют граничным значениям наклонов и растяжений, приведенным в Правилах подработки [2].

В свою очередь, за границу зоны опасного влияния подземных разработок принимается точка в краевой части мульды сдвижения, в которой земная поверхность в результате подработки получила кривизну  $0,2 \cdot 10^{-3}$  1/м, растяжение  $2 \cdot 10^{-3}$  и наклон  $4 \cdot 10^{-3}$  при интервалах 15-20 м [1, п. 3.52]. Указанные выше допуски использовались при анализе результатов измерений на наблюдательных станциях.

При проведении анализа результатов мониторинга за деформацией земной поверхности рассматривались результаты оседаний реперов наблюдательных станций за весь период наблюдений. Данные об оседаниях реперов наблюдательных станций за период с августа 2004 г по ноябрь 2006 г. приведены в табл. 1.

Результаты наблюдений сгруппированы в три периода:

- серии 1-5 (август 2004 г. – август 2005 г.);
- серии 5-7 (август 2005 г. – июль 2006 г.);
- серии 7-8 (июль 2006 г. – ноябрь 2006 г.).

Общее время наблюдений составило 27 месяцев (соответственно 12, 11 и 4 месяца по каждому периоду).

По каждой наблюдательной станции вычислялись оседания и деформации земной поверхности за указанные периоды наблюдений и определялась динамика деформирования земной поверхности. На рис. 2 приведены значения оседаний грунтовых реперов наблюдательной станции №8 за все время наблюдений. Кружками показаны точки оседаний за первый период наблюдений, квадратиками – на конец второго периода и, наконец, треугольниками – на конец третьего периода наблюдений. Указанная картина оседаний грунтовых реперов в целом является типичной для всех 11-ти наблюдательных станций.

Подобные графики оседаний и деформаций (кривизны, наклонов, горизонтальных сдвижений и деформаций) были построены по всем наблюдательным станциям, что дало обширный материал для анализа протекания процесса сдвижений и деформаций земной поверхности на территории водоотливного комплекса закрытой шахты им. Батова.

Таблица 1 – Результаты оседаний земной поверхности за период мониторинга в 2004-2006 гг.

Набл. станции	Серия 1-5			Серия 5-7			Серия 7-8		
	Реперов	Макс. осед., мм	Ср. осед., мм	Реперов	Макс. осед., мм	Ср. осед., мм	Реперов	Макс. осед., мм	Ср. осед., мм
НС-1	134	-35	-14.9	84	-18	-3.6	83	-3	-0.9
НС-2	126	-29	-10.1	29	-9	-3.3	29	-9	-1.2
НС-3	185	-38	-22.4	166	-8	-2.9	166	-12	-1.8
НС-4	55	-32	-16.0	55	-6	-2.2	55	-3	-1.9
НС-5	114	-22	-12.4	38	-8	-2.7	38	-4	-0.9
НС-6	126	-29	-17.9						
НС-7	82	-30	-19.9	82	-8	-2.6	82	-4	-0.7
НС-8	75	-30	-18.7	73	-17	-3.1	73	-5	-0.6
НС-9	303	-33	-20.6	299	-14	-2.8	299	-4	-1
НС-10	217	-50	-19.9	158	-17	-2.9	158	-3	-0.9
НС-11	52	-33	-21.4	52	-17	-2.2	52	-4	-1.8
В целом:	1469	-50	-17.7	1036	-18	-2.8	1035	-12	-1.2

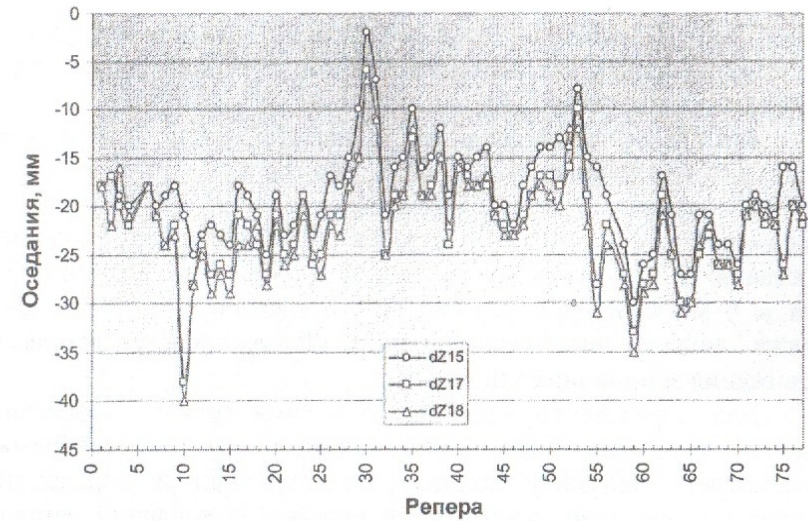


Рис. 2. Оседания грунтовых реперов наблюдательной станции №8 за весь период наблюдений

Полученные результаты сопоставлялись с указанными выше допусками, определяющими зону влияния затопленных горных выработок шахты им. Батова.

За первый период максимальное оседание составило 50 мм (наблюдательная станция №10). Среднее оседание по всем станциям составило 17,7 мм, а средняя скорость оседаний – 1,5 мм/месяц.

За второй период максимальное оседание составило 18 мм (наблюдательная станция №1). Среднее оседание по всем станциям составило 2,8 мм, а средняя скорость оседаний – 0,3 мм/месяц. Среднее оседание уменьшилось в 6,2 раза, а скорость оседания упала в 5 раз по сравнению с первым периодом.

За третий период максимальное оседание составило 12 мм (наблюдательная станция №3). Среднее оседание по всем станциям составило 1,2 мм, а средняя скорость оседаний – 0,3 мм/месяц. Среднее оседание уменьшилось в 2,4 раза по сравнению со вторым периодом, скорость оседания осталась

такой же. Приведенные данные наглядно свидетельствуют о затухании процесса сдвижения земной поверхности по всем наблюдательным станциям.

Анализ значений оседаний за период между 7-ой и 8-ой сериями измерений (4 месяца) показывает, что на всех наблюдательных станциях максимальные оседания реперов не превысили 12 мм, т.е. скорость максимального оседания составила 3 мм/месяц. Для достижения порогового значения 30 мм за 6 месяцев требуется скорость оседаний 5 мм/месяц. Это также может свидетельствовать об окончании процесса сдвижения земной поверхности.

Для определения влияния затопления горных выработок шахты на деформацию земной поверхности целесообразно рассмотреть динамику подъема шахтных вод и определить наличие связи этой динамики со скоростью оседаний земной поверхности. С этой целью воспользуемся данными о замерах уровня шахтных вод, которые велись на стволе №5 водоотливного комплекса шахты им. Батова регулярно с 1.01.2003 г.

График уровня подъема шахтных вод по данным замеров за весь период наблюдений показан на рис. 3. Динамика подъема шахтных вод приведена на рис. 4. При этом на рис. 4 прямоугольниками отмечены периоды, которые проводились серии инструментальных наблюдений.

Анализ приведенных данных показывает, что не существует четко выраженной зависимости между уровнем подъема шахтных вод и оседаниями земной поверхности. Так, за первый период (август 2004 г. – август 2005 г.) уровень шахтных вод поднялся на 16,75 м, а среднее оседание реперов по всем наблюдательным станциям составило 17,7 мм. За второй период (август 2005 г. – июль 2006 г.) уровень шахтных вод поднялся на 57,20 м, а среднее оседание реперов по всем наблюдательным станциям составило всего 2,8 мм. В августе-сентябре 2006 г. уровень шахтных вод опустился на 4,7 м, но оседание реперов продолжилось, хотя и составило в среднем всего 1,2 мм.

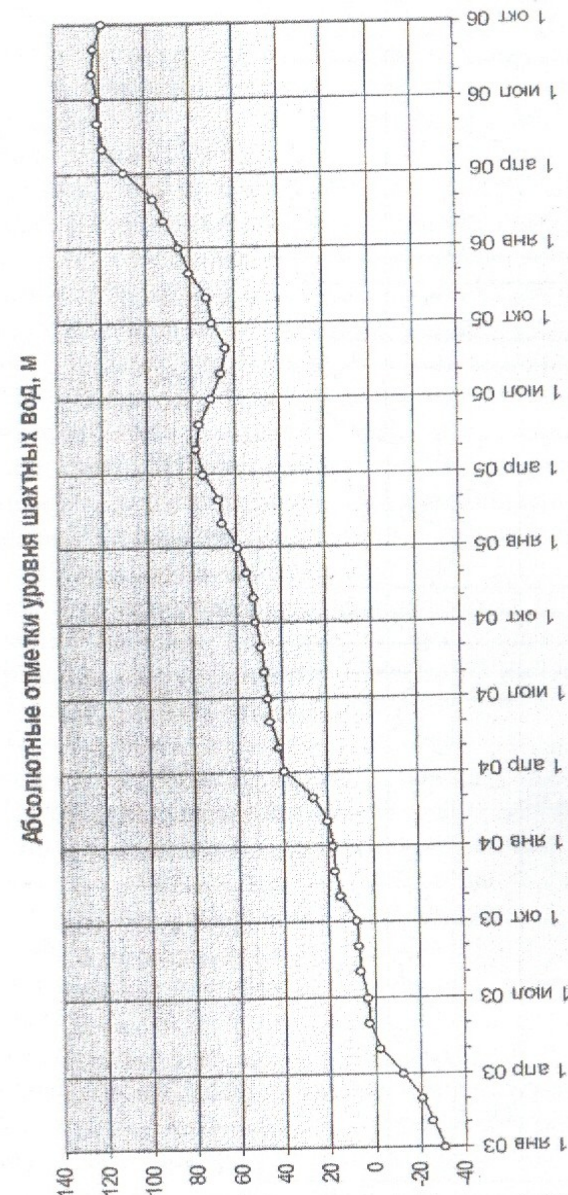


Рис. 3. Уровни подъема шахтных вод за весь период наблюдений

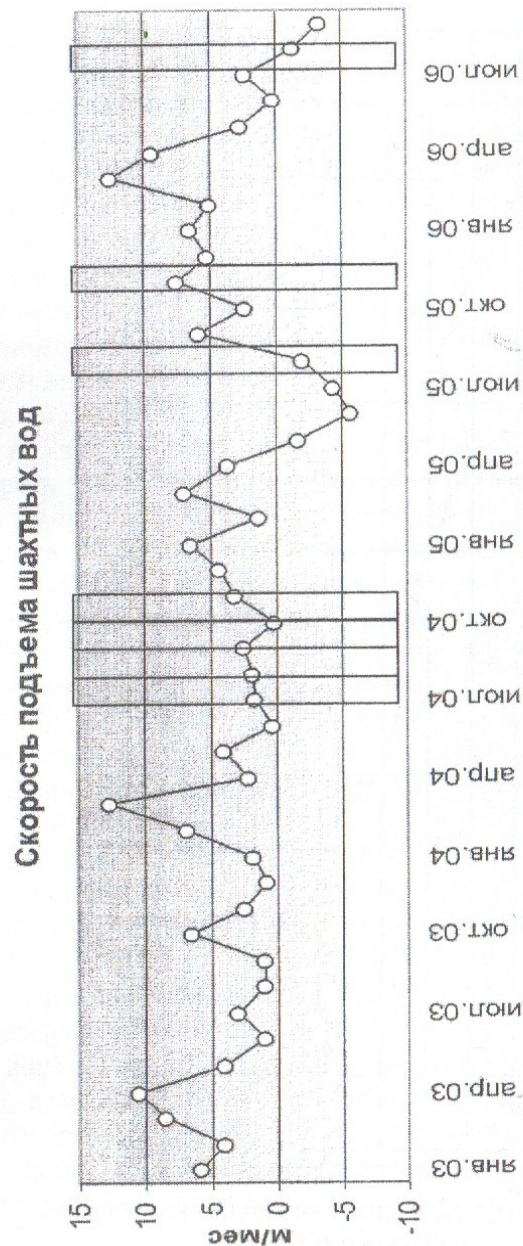


Рис. 4. Динамика подъема шахтных вод за весь период наблюдений

Как следует из приведенных в отчете графиков, не наблюдается также и явно выраженной связи между скоростью подъема шахтных вод и скоростью оседаний земной поверхности. И та, и другая динамика носят крайне неравномерный характер.

Отчасти отсутствие взаимосвязи между уровнем подъема шахтных вод и оседаниями земной поверхности можно объяснить относительной удаленностью наблюдательных станций от ствола №5, в котором производились замеры уровня шахтных вод. Однако, геомеханические процессы, происходящие в толще горных пород при затоплении горных выработок, гораздо сложнее, чем упрощенные модели подобной взаимосвязи. Так, в работе [3], посвященной поведению подработанного горного массива при закрытии угольных шахт, указывается, что активизация геомеханических процессов при затоплении горных выработок может привести к дополнительному оседанию земной поверхности до 20% общей мощности отработанных угольных пластов. Период затухания сдвижений земной поверхности после закрытия шахт в Центральном районе Донбасса составляет 7-10 лет.

Подводя итоги результатам мониторинга деформации земной поверхности в границах водоотливного комплекса шахты им. Батова в 2004–2006 гг. можно отметить следующее.

Результаты инструментальных наблюдений указывают на затухание процесса сдвижения земной поверхности. Существенно уменьшилось среднее оседание реперов по всем наблюдательным станциям, значительно упала скорость оседаний. По "Правилам подработки..." [2] можно констатировать окончание процесса сдвижения земной поверхности.

Нестационарность геомеханических процессов, происходящих при подъеме шахтных вод и водонасыщении ряда горных пород, в частности, глинистых сланцев, в зонах тектонических нарушений, проявилась в неравномерном характере оседаний на всей территории наблюдений. Размокание горных пород способно вызвать повторную активизацию

процесса сдвижения земной поверхности, причем в значительных объемах.

Учитывая высокий потенциал активизации геомеханических процессов при затоплении горных выработок, целесообразно продолжать мониторинг состояния зданий и сооружений на территории водоотливного комплекса шахты им. Батова на период до 2010-2012 г.г. Это касается тех участков, где зафиксированы максимальные оседаний и деформации земной поверхности, и тех объектов на земной поверхности (зданий и сооружений), которые уже имеют высокую степень деформации и низкий коэффициент деформационного ресурса.

#### СПИСОК ССЫЛОК

1. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород, земной поверхности и подрабатываемыми сооружениями на угольных и сланцевых месторождениях: Утв. Минуглепром СССР 30.12.87. – М.: Недра, 1989. – 96 с.
2. ГСТУ 101.00159226.001-2003. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. – Видання офіційне / Мінпаливенерго України. Введ. 01.01.2004. – Донецьк, 2004. – 128 с.
3. Ермаков В.Н., Питаленко Е.И., Гавриленко Ю.Н. Прогноз изменения состояния подработанного горного массива при закрытии угольных шахт // Сборник трудов международного маркшейдерского конгресса. Том 2. Польша, Краков, 4-9 сентября 2000г. – стр. 129-136.

*Здано до редакції 22.10.2007*

*Рекомендував до друку д.т.н. Питаленко Е.И..*