

А. М. Шалбаев¹

Сравнение двух циклов измерений вертикальных смещений деформационных реперов на территории карьера «Южный»

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: shalbaev.2000@mail.ru

Аннотация. Геодинамический мониторинг является одним из важнейших видов работ на техногенных объектах. Месторождения полезных ископаемых относятся к техногенным объектам. Проведение геодинамического мониторинга предупреждает развитие опасных явлений на месторождениях, таких как обрушения бортов карьера. В данной работе представлен анализ результатов двух циклов выполнения высокоточного нивелирования II класса. Измерения выполнялись с периодичностью в три месяца. Результаты показали, что наименьшие вертикальные смещения наблюдаются на реперах ДРП1, ДРП5 и ДРП6, и составляют -1,0 мм. Наибольшие вертикальные смещения наблюдаются на репере ДРП4 и составляют -4,0 мм.

Ключевые слова: карьер, геодинамический мониторинг, нивелирование II класса, вертикальные смещения, деформации

A. M. Shalbayev¹

Comparison of two cycles of measurements of vertical displacements of deformation benchmarks in the territory of the Yuzhny quarry

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: shalbaev.2000@mail.ru

Abstract. Geodynamic monitoring is one of the most important types of work on man-made objects. Deposits of minerals are man-made objects. Conducting geodynamic monitoring prevents the development of hazardous phenomena in the fields, such as collapse of the sides of the quarry. This paper presents the results of two cycles of class II high-precision leveling. The measurements were carried out at intervals of three months. The results showed that the smallest vertical displacements are observed on the DRP1, DRP5 and DRP6 benchmarks, and amount to -1.0 mm. The largest vertical displacements are observed on the DRP4 benchmark and are -4.0 mm.

Keywords: quarry, geodynamic monitoring, class II leveling, vertical displacements, deformations

Введение

Геодинамический мониторинг – это измерения на поверхности земли, с целью выявления вертикальных и горизонтальных движений земной коры. Геодинамическим полигоном называется территория, на которой проводятся исследования с целью выявления данных движений.

Для исследования вертикальных геодинамических процессов выполняют высокоточное нивелирование II класса. Затем выполняют, через определенный промежуток времени, повторное высокоточное нивелирование с целью анализа вертикальных смещений земной поверхности близ объекта исследования.

Геодинамический мониторинг на месторождении «Южный» является актуальной проблемой. Влияние горных работ на земную поверхность близ карьера является колоссальным и, в связи с этим проведение мониторинга является обязательным видом геодезическо-маркшейдерских работ [1, 2, 3].

Целью данной работы является анализ вертикальных смещений на территории карьера «Южный». Основным методом исследования стал сравнительный анализ результатов двух циклов измерений вертикальных смещений. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- высокоточное нивелирование II класса;
- повторное высокоточное нивелирование через определенный промежуток времени;
- камеральная обработка полевых измерений;
- сравнительный анализ двух циклов измерений.

Выполнение высокоточного нивелирования II класса

Для получения результатов измерений вертикальных смещений, нивелирование выполняют в два цикла с определенным промежутком времени. Первый цикл измерений выполнялся в мае 2022 года, а второй цикл измерений выполнялся в августе 2022 года. Таким образом, измерения выполнялись через три месяца. Измерения выполнялись высокоточным нивелиром Н-05 в хороших погодных условиях [4, 5, 6].

Требуемая точность выполнения измерений должна составлять в пределах от 0,9 до 1,1 мм/км. Опорными пунктами являются реперы нивелирования I класса. Длина нивелирного хода составила 2495 м. Схема нивелирования представлена на рис. 1.

Ведомость уравнивания нивелирного хода представлена в табл. 1.

Таблица 1

Ведомость уравнивания нивелирного хода в первом цикле измерений

№ секции	Назв. репера	Расст., км	Измеренные превышения, м	Поправки, мм	Уравн. превышения, м	Отметки, м
	РП1					597,858
1		0,74	-7,893	-0,001	-7,894	
	РПа1					589,964
2		0,25	2,644	-0,001	2,643	
	РПа2					592,607
3		0,25	-1,884	-0,001	-1,885	
	РПа3					590,722
4		0,5	1,119	-0,001	1,118	
	РПа4					591,840
5		0,38	2,136	-0,001	2,135	
	РПа5					593,975
6		0,38	2,618	0	2,618	
	РП2					596,593
Итого		2,5	-1,26		-1,265	



Рис.1. Схема нивелирования

После выполнения высокоточного нивелирования близ бортов карьера были заложены деформационные реперы. Расположение реперов было выбрано таким образом, чтобы данные репера не уничтожились в процессе горных работ. Схема расположения деформационных реперов представлена на рис. 2.

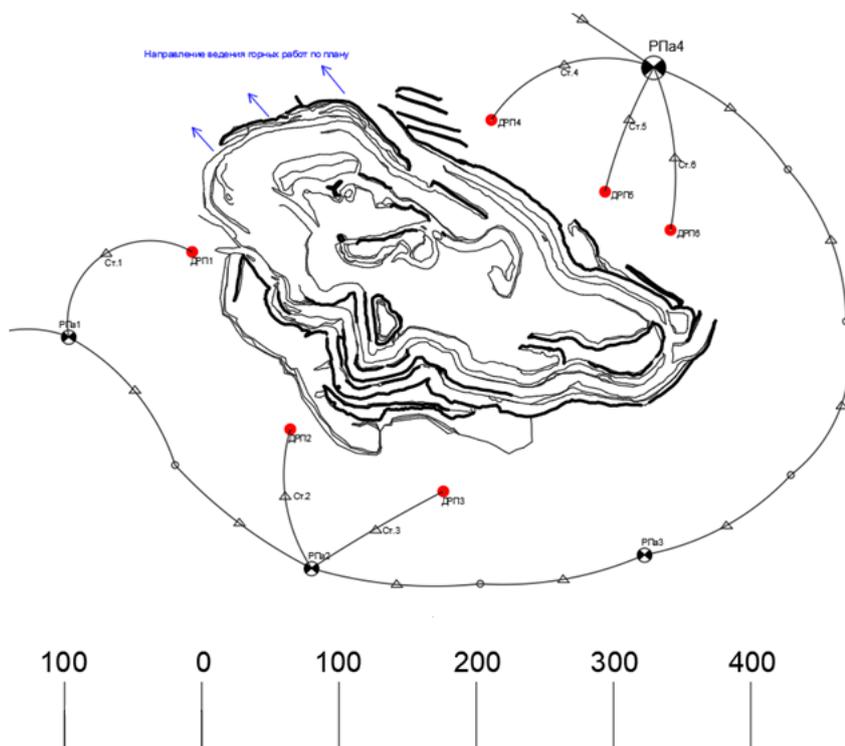


Рис.2. Схема расположения деформационных реперов

В табл. 2 представлены полученные отметки деформационных реперов в первом цикле измерений.

Таблица 2

Отметки деформационных реперов в первом цикле измерений

Название репера	Отметка, м
ДРП1	587,632
ДРП2	589,376
ДРП3	590,421
ДРП4	589,761
ДРП5	589,342
ДРП6	590,601

Следующий цикл измерений выполнялся в августе 2022 года, дневная температура воздуха в этот период колебалась в пределах 21-26 °С. Измерения во втором цикле выполнялись такими же приборами и оборудованием, как и в первом цикле, это необходимо делать для получения более точных результатов и минимизирования систематических ошибок. Ведомость уравнивания нивелирного хода во втором цикле измерений представлена в табл. 3.

Таблица 3

Ведомость уравнивания нивелирного хода во втором цикле измерений

№ секции	Назв. репера	Расст., км	Измеренные превышения, м	Поправки, мм	Уравн. превышения, м	Отметки, м
	РП1					597,858
1		0,74	-7,893	-0,001	-7,894	
	РПа1					589,964
2		0,25	2,644	-0,001	2,643	
	РПа2					592,607
3		0,25	-1,884	-0,001	-1,885	
	РПа3					590,722
4		0,5	1,119	-0,001	1,118	
	РПа4					591,840
5		0,38	2,136	-0,001	2,135	
	РПа5					593,975
6		0,38	2,618	0	2,618	
	РП2					596,593
Итого		2,5	-1,26		-1,265	

В табл. 4 представлены полученные отметки деформационных реперов во втором цикле измерений.

Таблица 4

Отметки деформационных реперов во втором цикле измерений

Название репера	Отметка, м
ДРП1	587,631
ДРП2	589,373
ДРП3	590,419
ДРП4	589,757
ДРП5	589,341
ДРП6	590,601

При получении результатов нивелирования двух или более циклов измерений изменения реперов по высоте и скорость их измерения во времени можно вычислить по формулам 1 и 2:

$$\Delta H_n^{i-k} = H_n^k - H_n^i \quad (1)$$

$$V_n^{i-k} = \Delta H_n^{i-k} / t_n^{i-k} \quad (2)$$

где H – высота репера, V – скорость изменения высоты, n – обозначение пункта, i – первый цикл измерений, k – второй цикл измерений [7, 8, 9].

Вертикальные смещения деформационных реперов представлены в табл. 5.

Таблица 5

Вертикальные смещения деформационных реперов за два цикла измерений

Название репера	Вертикальные смещения, мм	Скорость изменения высоты за 3 месяца, мм в месяц
ДРП1	-1,0	0,33
ДРП2	-3,0	1
ДРП3	-2,0	0,67
ДРП4	-4,0	1,33
ДРП5	-1,0	0,33
ДРП6	-1,0	0,33

Заключение

Таким образом, в данной работе проведено сравнение двух циклов выполнения высокоточного нивелирования с целью получения вертикальных смещений деформационных реперов. По полученным результатам можно сделать вывод, что наименьшие вертикальные смещения наблюдаются на деформационных реперах ДРП1, ДРП5, ДРП6 и составляют -1 мм за период в три месяца. Наибольшее вертикальное смещение наблюдается на деформационном репере ДРП4 и составляет -4 мм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аплонов С. В. Геодинамика: учебник. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2001. – 360 с.

2. Гусев В. Н., Алексенко А. Г., Волохов Е. М. Маркшейдерское дело: учебник. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2016. – 448 с.
3. Методические рекомендации по производству маркшейдерских работ при добыче твёрдых полезных ископаемых. Руководство. – Республика Казахстан, 2009. – 31 с.
4. Уставич Г.А., Шаульский В.Ф., Винокурова О.И. Разработка и совершенствование технологии государственного нивелирования I,II,III и IV классов // Геодезия и картография. – 2003. № 7. – С. 10–14.
5. Уставич Г.А., Шаульский В.Ф., Винокурова О.И. Разработка и совершенствование технологии государственного нивелирования I, II, III и IV классов // Геодезия и картография. – 2003. № 8. – С. 5–11.
6. Уставич Г.А. О совершенствовании технологий нивелирования // Геодезия и картография. – 2005. № 3. – С. 11–13.
7. Земцова А.В. Построение карты современных вертикальных движений земной коры: метод. указания. – Алматы: КазГАСА, 2001. –14 с.
8. Злобин Т. К. Геодинамические процессы и природные катастрофы: учеб. пособие. – Южно-Сахалинск : СахГУ, 2010. – 228 с.
9. Корокина Т.П. Проблемы составления и обработки геодезической основы Карты современных вертикальных движений земной коры на территории Закавказья, Казахстана и Средней Азии // Современные движения земной коры (теория, методы, прогноз). – М.: Наука, 1980. – С. 62–65.

© А. М. Шалбаев, 2023