УДК 622.1,
528.481

В.М. Лизункин, А.В. Волохов, М.В. Лизункин

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРА ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ СПОСОБЕ ДОРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «Т»*

Приведены результаты маркшейдерско-геодезических наблюдений за устойчивостью бортов карьера на месторождении «Т» в Забайкалье при комбинированном способе доработки оставшихся за его границей запасов полезного ископаемого. Целью наблюдений являлось создание базы данных геодезических исследований для сравнения с последующими результатами инструментальных измерений и оценкой устойчивости самого высокого (до 300 м) борта карьера, в районе которого производятся опытно-промышленные работы по добыче сырья методом подземного выщелачивания. Выполнение буровзрывных работ в барьерном целике между дном карьера и подземными горными выработками вызывает опасение по сохранению устойчивости борта и соблюдению тем самым условий промышленной безопасности. Для оценки степени деформирования северо-восточного борта карьера после 10-ти летнего перерыва произведены повторные наблюдения методом полигонометрического хода, проложенного по контуру технической границы открытых горных работ. По результатам проведенных исследований в летний период 2015 г. нарушений устойчивости откосов бортов и горных выработок под дном карьера не выявлено. Выполненный мониторинг методом полигонометрических ходов на поверхности карьера и в подземных выработках за устойчивостью массива горных пород служит основой для дальнейшего маркшейдерско-геодезического обеспечения промышленной безопасности опасного производственного объекта.

Ключевые слова: борт карьера, инструментальные маркшейдерские наблюдения, устойчивость борта, наблюдательный репер, сдвижение репера, метод полигонометрии, горный массив, подземные выработки, условные координаты, полный вектор смещения.

* Работа выполнена в ходе реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства «Создание комплексной технологии отработки беднобалансовых урановых руд геотехнологическими методами» при финансовой поддержке Правительства РФ (Минобрнауки России).

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 12. С. 222–224.

В практике маркшейдерского обеспечения промышленной безопасности на открытых горных разработках традиционно осуществляется контроль [9] за состоянием откосов прибортового массива карьеров с помощью создания наблюдательных станций. Например, метод полигонометрических ходов [6] предоставляет возможность выполнения наблюдений в отсутствие прямой видимости, а также получение всех трех составляющих векторов смещения и подразумевает, что заложенные в грунт центры полигонометрических пунктов подвержены деформационным смещениям вместе с массивом верхней части бортов карьера.

Так, на одном из горных объектов ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» была заложена опорная маркшейдерская сеть вокруг карьера в виде полигонометрии 1 разряда. Этот период был началом выполнения на предприятии научно-практических исследований и опытных работ по выемке полезного ископаемого, находящегося за проектным контуром карьера. Инструментальные наблюдения за состоянием пунктов маркшейдерской опорной сети проводились силами бюро инженерно-геодезических работ предприятия (далее БИГР). Основываясь на проектных показателях конструкции карьера в отработанном виде, были рассчитаны коэффициенты запаса устойчивости n [2] для всех четырех бортов на конец отработки: северный борт – $H = 290–300$ м, $n = 1{,}39$; восточный борт – $H = 250$ м, $n = 1{,}41$; южный борт – $H = 230$ м, $n = 1{,}53$; западный борт – $H = 185$ м, $n = 1{,}63$.

После окончания горных работ в карьере наблюдения за устойчивостью откосов бортов были прекращены в 2005 г. и возобновились только через 10 лет после принятия решения по проведению опытных работ для доработки законтурных запасов способом подземного выщелачивания [1]. Целью проводимых наблюдений является контроль и прогноз безопасного ведения горных работ под дном и в днище карьера при подготовке к добыче блока выщелачивания 1–507, т.к. высота борта в этом месте достигает 300 м.

В качестве исходной геодезической основы для наблюдений за устойчивостью центров маркшейдерской опорной сети задействованы пункты триангуляции и полигонометрии 4 класса: «Центральная», «Красный Камень» и пп 659 (рис. 1).

С появлением высокоточного оборудования и спутниковых технологий в XVI цикле измерений выполнен переход к использованию GPS оборудования. Для сравнения получаемых

результатов и достижения их преемственности были выполнены одновременные измерения как с помощью полигонометрии 4 класса, так и GPS приемниками.

В качестве базового пункта был использован пункт триангуляции «Центральная», но в данном, XVII цикле наблюдений, службой БИГР было решено заменить исходный (базовый) пункт на пп 659 в связи с тем, что над центром пункта «Центральная» установлена металлическая пирамида, создающая помехи для GPS – аппаратуры.

Для определения степени устойчивого положения пунктов маркшейдерской сети в плановом отношении в июне 2015 г. осуществлено переопределение их координат с помощью GPS-системы Trimble 4600 LS [7, 8]. Математическая обработка координат выполнена с помощью компьютерной программы «Trimble Business Center», входящей в комплект прибора. Полученные результаты в условной системе координат, приращения этих координат и высот за период 1988–2005 гг. приведены в табл. 1.

Показатели этой таблицы послужили исходными данными для вычисления горизонтальных векторов смещений $\xi_{x,y}$ по формуле

$$\xi = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}\ , \qquad (1)$$

полных векторов смещений b из выражения

$$b = \sqrt{\xi^2 + \eta^2}\ , \qquad (2)$$

а направление смещения (дирекционный угол α) определяется как

$$\alpha = \text{arctg}\ (\Delta y / \Delta x). \qquad (3)$$

Вычисленные таким образом по формулам (1, 2, 3) [5, 6] численные значения деформаций представлены в табл. 2.

Из табл. 1 видно, что наибольшему смещению подвергся пункт пп 1298 (ΔX = 136 мм, ξ = 147 мм), который в наблюдении XVII цикла уже не участвовал, т.к. был поврежден в результате локального вывала участка уступа в этом месте. Основываясь на этом факте, можно предположить, что величина вектора горизонтального смещения в 150 мм и высоте ближайшего откоса 34–35 м может служить возможным критерием опасности для деформирования уступов и бортов карьера.

Такая же таблица (табл. 3) составлена по результатам наблюдений, проведенных в 2015 г. (цикл XVII). В ней представлены результаты наблюдений за весь период мониторинга с 1988 по 2015 гг.

Таблица 1

Результаты величин смещений координат за период 1988–2005 г.

№ пункта	Результаты натурных измерений					
	Начальное и последующее положение центров-реперов (в условной системе координат)			Смещения, мм		
				продольные, ΔX (5); поперечные, ΔY (6); вертикальные, ΔZ (7)		
Дата	10.1988/10.2005/	10./1988/10.2005/	10.1988/06.2005	$X_{05}-X_{88}$	$Y_{05}-Y_{88}$	$Z_{05}-Z_{88}$
	X_{05}/X_{88}, м	Y_{05}/Y_{88}, м	Z_{05}/Z_{88}, м	ξ_X, мм	ξ_Y, мм	η_Z, мм
1	2	3	4	5	6	7
742	1317,764/1317,696	2057,405/2057,408	781,626/781,625	-68	+3	-1
1291	1130,951/1130,892	2268,788/2268,790	762,818/762,805	-59	+2	-13
1298	1377,874/1377,738	1459,870/1459,925	723,942/723,862	-136	+55	-80
1299	1289,096/1288,984	1284,642/1284,714	712,671/712,591	-112	+72	-80
1300	1060,121/1060,056	1141,644/1141,712	711,998/712,000	-65	+68	-8
1301	640,401/640,377	1380,812/1380,872	707,464/707,411	-24	+60	-53
1302	–/–	–/–	–/710,171	–	–	–
1303	459,133/459,098	1861,696/1861,718	713,613/713,597	-35	+22	-16
1304	629,679/629,657	2190,694/2190,669	721,892/721,824	-22	-25	-68
1305	1407,642/1407,572	1797,123/1797,120	749,086/749,049	-70	-3	-37
Примечание: Координаты пунктов приведены в условной системе						

Сравнивая показатели таблиц, можно констатировать, что направления одноименных векторов смещений в угловой мере мало отличаются друг от друга в разные периоды наблюдений, а за 10-ти летний перерыв (2005–2015 гг.) сдвижения пунктов незначительны.

За весь период наблюдений самые большие показатели деформирования выявлены на пп 1299, которые, по-видимому, не достигли критических. Скорости смещений составляют 0,03 мм/сут. Интересующие нас пункты пп 742 и пп 1291, находящиеся на северо-восточном, самом высоком борту карьера, за период с 2005 по 2015 гг. практически не сместились, что говорит об их устойчивом состоянии и борта карьера в целом. В правой половине таблицы показаны горизонтальные сжатия (сближения) противоположных пунктов полигонометрии за весь период наблюдения.

В качестве исходного репера для проложения ходов нивелирования IV класса по наблюдаемым центрам полигона использован пункт п/п 675, заложенный и определенный в 1966 г. предприятием п/я А-3214, имеющий отметку из нивелирования III класса.

Таблица 2

Результаты вычислений полных величин смещений в 2005 г.

Пункт	**Данные за период 1988–2005 г.г**			**Данные за период 2005–2015 гг.**		
	горизонт. смещения, ξ, мм	**полный вектор, *b*, мм**	**дирекционный угол вектора, α, град**	**горизонт. смещения, ξ, мм**	**полный вектор, *b*, мм**	**дирекционный угол вектора, α, град**
пп742	68	68	177°28'11"	9	10	170°08'05"
пп1291	59	60	178°03'30"	13	13	168°01'05"
пп1298	147	167	157°58'50"	–	–	157°58'55"
пп1299	133	155	147°15'53"	22	27	139°00'15"
пп1300	94	94	133°42'28"	–	–	133°42'30"
пп1301	65	84	111°48'05"	27	34	91°31'21"
пп1302	–	–	–	–	–	–
пп1303	41	44	147°50'50"	19	6	142°07'30"
пп1304	33	76	228°39'08"	7	6	241°04'00"
пп1305	70	79	182°27'20"	12	11	173°05'20"

Таблица 3

Результаты определений полных величин смещений

Пункт	Данные за период 1988–2015 гг.			Сближение пунктов за весь период наблюдений, $D_{2015}-D_{1988}=\Delta D$		
	горизонт. смещения, ξ, мм	полный вектор, b, мм	дирекционный угол вектора, α, град	анализируемые интервалы	ΔD, мм	горизонтальное сжатие, $\xi_{гор}$
пп742	70	70	170°08'03"	1301–1305	-88	$1\cdot10^{-4}$
пп1291	64	67	167°28'16"	1301–742	-92	$9{,}6\cdot10^{-5}$
пп1298	–	–	–	1301–1291	-83	$8{,}1\cdot10^{-5}$
пп1299	141	178	139°00'15"	1303–1305	-49	$5{,}1\cdot10^{-5}$
пп1300	–	–	–	1303–742	0	–
пп1301	75	115	91°31'39"	1303–1291	-39	$1\cdot10^{-4}$
пп1302	–	–	–	–	–	–
пп1303	23	26	142°07'30"	–	–	–
пп1304	31	80	240°56'43"	–	–	–
пп1305	66	81	173°05'20"	–	–	–

Местоположение исходных пунктов показано на карте-схеме работ (рис. 1).

Геодезические наблюдения за вертикальными перемещениями пунктов маркшейдерской опорной сети, заложенной по борту карьера, выполнены с точностью нивелирования IV класса [4].

Отметки наблюдаемых пунктов определены из замкнутого хода нивелирования IV класса, опирающегося на исходный пункт полигонометрии пп 675, находящийся вне зоны влияния горных работ, с включением всех наблюдаемых пунктов маркшейдерской сети и контрольного пункта полигонометрии пп 673.

Определение отметок пунктов выполнено с помощью высокоточного цифрового нивелира DiNi 0.3 компании Trimble и инварных прецизионных 2-х метровых штрих-кодовых реек. Визирование на рейки осуществлено с помощью специальной формы сетки нитей нивелира. Оценка точности нивелирования IV класса приведена в табл. 4.

Перед производством работ произведена установка постоянных инструмента, которые обеспечивают автоматический контроль измерений. При этом прибор выдает предупреждения ис-

Таблица 4

Фактическая невязка нивелирования

№ пп	Начальная точка хода	Конечная точка хода	Длина хода, км	Количество штативов	Невязка, мм	
					фактическая	допустимая
1	пп 675	пп 675	4,56	192	4,00	69,00

полнителю об ошибочных действиях во время измерений, что особенно важно при высокоточных наблюдениях. Уравнивание нивелирного хода выполнено с помощью программного обеспечения, установленного непосредственно в нивелире.

Материалы полевых работ в виде протоколов обработки измерений нивелира DiNi 0.3 Trimble (Karl Zeis) № 701128A даны в приложении 7 технического отчета БИГР [11].

Для подготовки блока 1–507 к подземному выщелачиванию проектом предусмотрена проходка штрека 1–501 под выработанным пространством карьера (гор. 420 м) и транспортно-дренажного штрека (рис. 2). Контроль за выработками осуществляется работниками маркшейдерской службы с помощью подземных полигонометрических ходов, центры которых закрепляются постоянными или временными знаками и при определенных условиях могут служить в качестве реперов наблюдательной станции. Кроме пунктов опорной маркшейдерской сети параллельно выполняют закладку боковых, стенных реперов, служащих высотным направлением для выработки. Периодическое переопределение координат точек, выбранных в качестве наблюдательных реперов, предоставляет информацию по устойчивому состоянию кровли штрека, находящегося на 60 м ниже дна карьера.

Точность измерений в полигонометрических ходах характеризуется следующими показателями [3]:

- средние квадратические погрешности измерения горизонтальных углов должны быть не ниже 20", вертикальных углов – 30";
- расхождение между двумя независимыми измерениями линии светодальномерами (электронными тахеометрами) – не более 10 мм, стальными рулетками – 1:3000 длины стороны.

При применении для наблюдений электронных тахеометров типа «Nikon», «Sokkia» и др. [12] с точностью измерения горизонтального угла ±5–7» эти показатели будут гораздо выше. Таким образом, для слежения за состоянием горного массива вокруг вскрывающей горной выработки, проходимой с целью

получения доступа к блоку выщелачивания 1–507, использовались пункты маркшейдерской опорной сети. Закладка реперов производилась в кровле и стенках выработки.

В процессе проходки выработки маркшейдерской службой рудника определялись координаты маркшейдерских пунктов *X*, *У* и *Z*. При этом производилась повторная прокладка хода по первоначально определенным координатам точек с предоставлением сведений о состоянии деформационных процессов в окружающем выработку массиве.

Таблица 5

Результаты замера в горной выработке

Дата замера	№ точки	Выработка	ℓ_1	ℓ_2	$\ell_{общая}$	Координаты		
						X	*У*	*Z*
17.07.15	508	штр.1–503	1621	1784	3405	625,425	165,443	421,632
12.08.15	508	–!!–	1623	1786	3409	–	–	–
17.07.15	K-V-1	штр.1–503	1472	1654	3126	659,894	139,421	421,864
12.08.15	K-V-1	–!!–	1471	1656	3127	659,894	139,422	–
21.09.15	K-V-1	–!!–	1469	1657	3126	–!!–	–!!–	–
28.10.15	K-V-1	–!!–	1470	1655	3125	–!!–	–!!–	–
17.07.15	K-V-2	–!!–	1514	1594	3108	698,580	109,985	421,735
12.08.15	K-V-2	–!!–	1512	1597	3109	698,580	109,986	–
21.09.15	K-V-2	–!!–	1513	1595	3107	–!!–	–!!–	–
28.10.15	K-V-2	–!!–	1515	1596	3111	–!!–	–!!–	–
17.07.15	509	–!!–	1299	1853	3152	734,081	082,455	421,587
12.08.15	509	–!!–	1297	1852	3149	734,081	082,455	–
21.09.15	509	–!!–	1299	1850	3149	–	–	–
28.10.15	509	–!!–	1298	1853	3151	–	–	–
17.07.15	510	–!!–	1360	1922	3282	773,249	052,979	421,656
12.08.15	510	–!!–	1365	1923	3285	773,249	052,979	–
21.09.15	510	–!!–	1363	1920	3283	–	–	–
28.10.15	510	–!!–	1362	1921	3283	–	–	–

Примечание: Координаты точек условные. Расхождения в расстояниях между реперами (маркшейдерскими точками) находятся в пределах точности измерений.

В течение 2015 г. под карьером проходили штрек 1–503 (вместо деформированного штрека 1–501), в котором заложены временные маркшейдерские точки 508, 509, 510 и постоянные пункты K-V-1 и K-V-2. В качестве центров маркшейдерских пунктов использованы конструкции штангового крепления, установленного в кровле выработки на глубину 1,0–1,2 м [3].

Произведенными таким образом наблюдениями за состоянием маркшейдерских пунктов с помощью инструментальных измерений и замерами от них до высотных реперов, проявления деформирования горного массива в подземной горной выработке (штрек 1–503) не обнаружено.

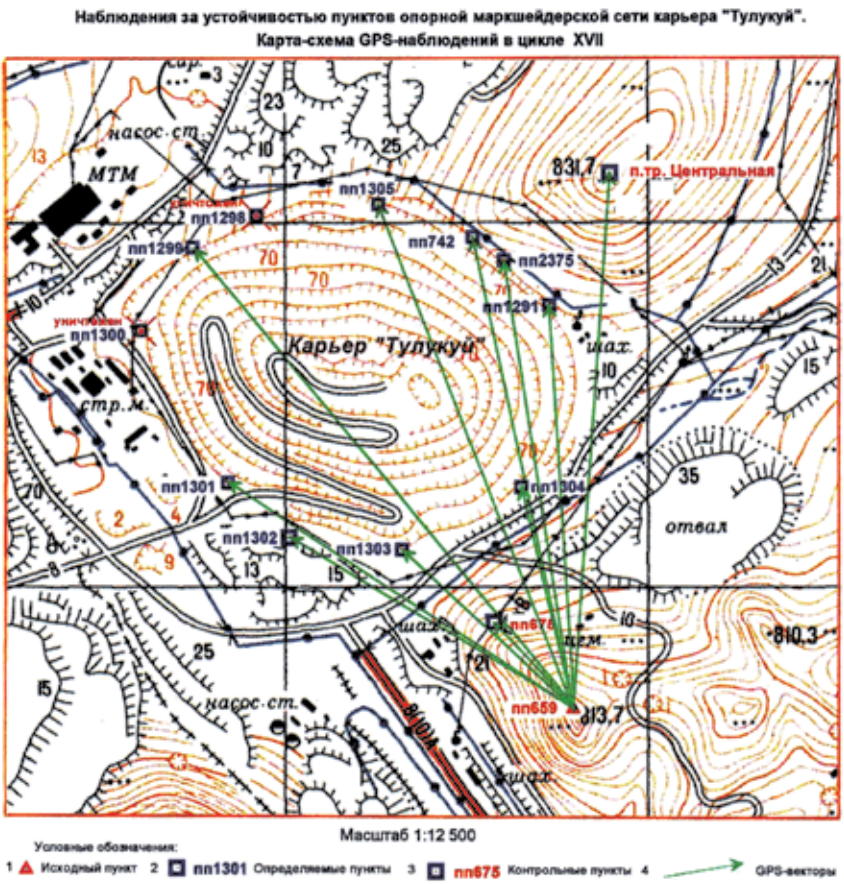

Рис. 1. Схема наблюдений за пунктами полигонометрии

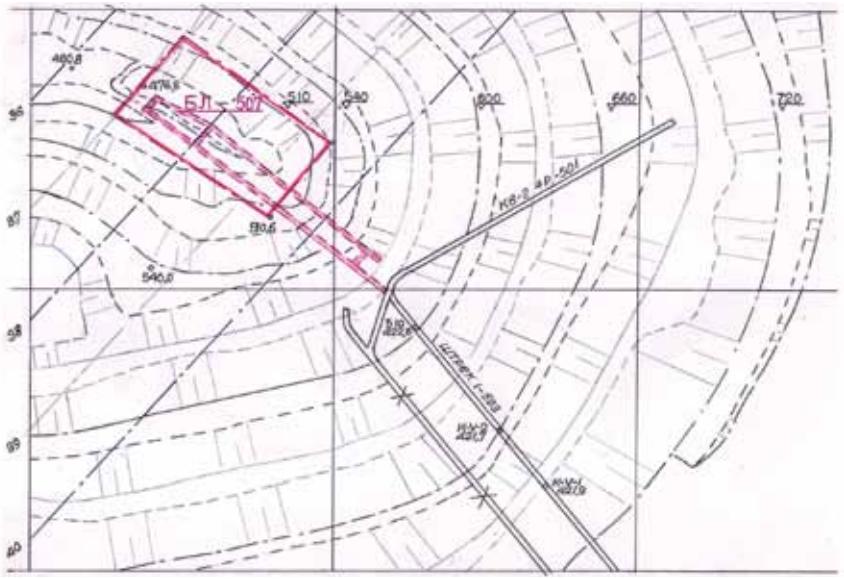

Рис. 2. Совмещенный схематичный план участка карьера и гор. 420 м

Данные координат пунктов и замеров горизонтальных расстояний от них до высотных боковых реперов в бортах выработки приведены в табл. 5.

Штрек 1–503 проходили на глубине около 300 м от технической границы поверхности и до 150 м в границах карьерного поля. Поэтому на такой глубине вертикальные напряжения в подземной выработке не установлены. Таким образом, выполненными маркшейдерскими наблюдениями методом подземного полигонометрического хода подготовлена основа для производства дальнейших работ.

Заключение

Анализируя полученные величины смещения пунктов полигонометрии за период с 1988 по 2015 гг., можно сделать следующие выводы:

1. Переход от традиционного метода полигонометрии 1 разряда на GPS технологии для определения координат в плане актуален и своевременен.

2. Происходит незаметное визуально, но выявленное инструментально смещение северного, северо-западного и северо-восточного бортов карьера от 60-ти до 180 мм в сторону выработанного пространства (по состоянию на 01.06.2015 г.).

3. На объекте испытаний (месторождение «Т») маркшейдерскими измерениями не выявлены критические величины деформаций горного массива при подготовке опытного блока 1–507 к блочному подземному выщелачиванию, что свидетельствует об устойчивом состоянии северо-восточного борта карьера.

4. После производства всего цикла горно-подготовительных работ в блоке, в том числе и осуществления буровзрывных работ, наблюдения будут продолжены с применением и других методов.

В работе принимали участие Е.И. Голдырев, начальник БИГР ПАО «ППГХО», аспирант В.И. Шмонин (кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия» ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Волохов А. В.* Способы выемки законтурных запасов, залегающих выше дна карьера, при разработке сложноструктурных месторождений: монография. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. – 144 с.

2. *Галустьян Э. Л.* Геомеханика открытых горных работ: Справочное пособие. – М.: Недра, 1992. – 272 с.

3. *Инструкция* по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03) Серия 07. Выпуск 15. – М.: ФГУП НТЦ, 2004. – 120 с.

4. *Инструкция* по нивелированию I, II, III и IV классов. ГКИНП (ГНТА)-03-010-02. – М.: ЦНИИГАиК, 2003. – 91 с.

5. *Инструкция* по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. – М.: Недра, 1988. – 112 с.

6. *Методические* указания по наблюдениям за деформациями бортов разрезов и отвалов, интерпретации их результатов и прогнозу устойчивости. – Л.: ВНИМИ, 1987. – 118 с.

7. *Мозер Д.* Геомеханический мониторинг за состоянием карьерных откосов. Издательский Дом: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 124 с.

8. *Панжин А. А.* Повышение надежности пространственного позиционирования в условиях крупных карьеров // Горный журнал. – 2011. – № 7. – С. 85–88.

9. *Правила* безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых (утвержд. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.12.2013 № 599) .

10. *Рахимов В. Р.*, *Мингбаев Д. И.* Мониторинг и оценка устойчивости северного борта карьера «Кальмакыр» с использованием современных маркшейдерско-геодезических технологий // Горный журнал. – 2013. – № 7. – С. 18–22.

11. *Технический* отчет о производстве инженерно-геодезических работ по наблюдению за устойчивостью пунктов маркшейдерской опор-

ной сети карьера «Т», ПАО ППГХО, Краснокаменск, фонды предприятия. – Краснокаменск, 2015. – 43 с.

12. *Ямбаев Х. К.* Геодезическое инструментоведение. Учебник для вузов. – М.: Академический проспект, Гаудеамус, 2011. – 583 с. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Лизункин Владимир Михайлович[1] – доктор технических наук, профессор, e-mail: prmpi.zabgu@mail.ru,
Волохов Анатолий Викторович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: volohov@istu.edu,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Лизункин Михаил Владимирович[1] – кандидат технических наук, доцент, e-mail: LMV1972@mail.ru.
[1] Забайкальский государственный университет.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 12, pp. 222–224.

UDC 622.1, 528.481

V.M. Lizunkin, A.V. Volokhov, M.V. Lizunkin

STABILITY ANALYSIS OF THE OPEN PIT SIDES WHILE PERFORMING POST-DEVELOPMENT WORKS AT THE DEPOSIT BY MEANS OF A COMBINED METHOD

The article analyses the results of mine surveying and geodetic monitoring of the sides stability of the open pit within the «T» deposit in the Transbaikal region while post-developing the remained beyond its boundaries mineral reserves via a combined method. The monitoring was performed in order to create a geodetic surveys database for the comparison with the subsequent results of the instrument measurements. Another objective was to evaluate the stability of the highest (up to 300m) open pit side in the vicinity of which the experimental-industrial works on the extraction of raw materials by means of underground leaching method were executed. The performance of drilling and blasting operations in the barrier between the open pit bottom and underground digging causes much concern regarding the side stability and thus, meeting the industrial safety requirements. In order to evaluate the deformation ratio of the northeastern pit side after ten years interval additional monitoring was carried out by the method of polygon traverse plotted along the technical confines contour within the open-pit mining.

According to the results of the mine surveying and geodetic monitoring during the summer period of 2015, neither side slope instability nor any negative stability in the mine working under the open pit bottom were detected. The performed monitoring of the rock mass stability using the method of polygon traverses at the open pit surface and in the mines forms the basis for the further mine surveying and geodetic ensuring of industrial safety at a hazardous industrial facility.

Having performed all mining-preparatory works in the unit, including drilling and blasting operations it is recommended to carry out the monitoring once again.

Key words: open pit side, instrumental mine surveying monitoring, side stability, observation bench mark, bench mark shifting, polygonometric method, rock mass, mines, false coordinates, full displacement vector.

AUTHORS

Lizunkin V.M.[1], Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: prmpi.zabgu@mail.ru,
Volokhov A.V., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
Irkutsk National Research Technical University, 664074, Irkutsk, Russia,
e-mail: tolya.volokhov@yandex.ru,
Lizunkin M.V.[1], Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
e-mail: LMV1972@mail.ru,
[1] Transbaikal State University, 672039, Chita, Russia.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study has been supported by the Government of the Russian Federation (Ministry of Education and Science) in the framework of the integrated high-technology production project «Integrated Geotechnology for Low-Grade Economic Uranium Ore.»

REFERENCES

1. Volokhov A.V. *Sposoby vyemki zakonturnykh zapasov, zalegayushchikh vyshe dna kar'era, pri razrabotke slozhnostrukturnykh mestorozhdeniy*: monografiya (Mining methods of contour reserves occurring above the open pit bottom while developing complex-structure deposits: Monograph), Irkutsk, Izd-vo IrGTU, 2009, 144 p.

2. Galust'yan E.L. *Geomekhanika otkrytykh gornykh rabot*: Spravochnoe posobie (Geomechanics of opencast mining: Reference aid), Moscow, Nedra, 1992, 272 p.

3. *Instruktsiya po proizvodstvu marksheyderskikh rabot (RD 07-603-03)* Seriya 07. Vypusk 15 (Methodological instructive regulations on performing mine surveying works. (TD 07-603-03), Series 07, Issue 15), Moscow, FGUP NTTs, 2004, 120 p.

4. *Instruktsiya po nivelirovaniyu I, II, III i IV klassov. GKINP (GNTA)-03-010-02* (Methodological instructive regulations on the 1st, 2nd, 3d and 4th-order leveling), Moscow, TsNIIGAiK, 2003, 91 p.

5. *Instruktsiya po nablyudeniyam za sdvizheniem gornykh porod i zemnoy poverkhnosti pri podzemnoy razrabotke rudnykh mestorozhdeniy* (Methodological instructive regulations on rocks and the earth surface displacement observations at underground mining of ore deposits), Moscow, Nedra, 1988, 112 p.

6. *Metodicheskie ukazaniya po nablyudeniyam za deformatsiyami bortov razrezov i otvalov, interpretatsii ikh rezul'tatov i prognozu ustoychivosti* (Methodological instructive regulations on control of faces, opencasts and dumps. Their results interpretations and stability forecast), Leningrad, VNIMI, 1987, 118 p.

7. Mozer D. *Geomekhanicheskiy monitoring za sostoyaniem kar'ernykh otkosov* (Geomechanical monitoring of open pit slopes), Izdatel'skiy Dom: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011, 124 p.

8. Panzhin A.A. *Gornyy zhurnal*. 2011, no 7, pp. 85–88.

9. *Pravila bezopasnosti pri vedenii gornykh rabot i pererabotke tverdykh poleznykh iskopaemykh* (utverzhd. prikazom Federal'noy sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 11.12.2013 № 599) (Safety regulations on performing mining works and solid minerals processing. The Order of 11.12.2013. № 599).

10. Rakhimov V.R., Mingbaev D.I. *Gornyy zhurnal*. 2013, no 7, pp. 18–22.

11. *Tekhnicheskiy otchet o proizvodstve inzhenerno-geodezicheskikh rabot po nablyudeniyu za ustoychivost'yu punktov marksheyderskoy opornoy seti kar'era «T», PAO PPGKhO*, Krasnokamensk, fondy predpriyatiya (Technical report on performing engineering-geodetic works on the observation of stability of control momuments at the «T» open pit, Public company «Priargunsky Mining Chemical Enterprise» in Krasnokamensk. The enterprise documentation), Krasnokamensk, 2015, 43 p.

12. Yambaev Kh.K. *Geodezicheskoe instrumentovedenie*. Uchebnik dlya vuzov (Geodetic knowledge of instruments. Textbook for high schools), Moscow, Akademicheskiy prospekt, Gaudeamus, 2011, 583 p.