УДК 622.1.528.022.6 DOI 10.21440/2307-2091-2017-1-50-54

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ НАБЛЮДЕНИЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВНУТРЕННИХ ОТВАЛОВ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ИХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Б. П. Голубко, А. Е. Банников, А. В. Гальянов

Development of effective observation methods of geomechanical processes in internal dumps and interpretation of their results

B. P. Golubko, A. V. Gal'yanov, A. E. Bannikov

The paper presents the developed method of instrumental observations over deformations of dump and the new mathematically founded method of field measurements. A basis of the presented method is linearly resection and indirect trigonometric leveling. This decreases twice or thrice time of conducting field meas-urements in comparison with traditional methods of geometrical leveling, and time of cameral data processing in electronic form. It allows one to capture full reference point position in space, and, given the large number of observed points, allows a deeper analysis of geodynamic processes of the dump. Using the observation station of areal type, shortened effective observation intervals and the measurement technique provided an opportunity to build three-dimensional models of the displacement velocity. It allowed determining locations of maximum shear rates in the area of mining and transport equipment location. As the main criterion for safety of mining operations authors accepted marginal inclination values of excavator working area, the longitudinal and transverse inclination of railway track. According to the calculated displacement velocity, model authors calculated locations of the manifestations of critical deformations of dump massif, and the time after which the platform will get a critical slope. The presented innovations in the observations of internal dump lay the foundation of a new monitoring concept of these dangerous technogenic objects, which will allow efficiently eliminating the effect of the negative features of geomechanical monitoring of internal dumps.

Keywords: observation station of areal type; reverse linear resection; indirect trigonometric leveling; areal graph of displacement velocities; shear velocity.

Представлена разработанная методика проведения инструментальных наблюдений за деформациями отвала и создана новая математически обоснованная методика полевых измерений. Представленный способ основан на линейно-угловой засечке и косвенном тригонометрическом нивелировании, благодаря чему сокращается в два-три раза время проведения полевых измерений по сравнению с традиционными методами геометрического нивелирования, время камеральной обработки данных в электронном виде. Способ позволяет фиксировать полное положение репера в пространстве и с учетом большого количества наблюдаемых пунктов проводить детальный анализ геодинамических процессов отвала. Использование наблюдательной станции площадного типа, укороченные эффективные интервалы наблюдений, методика измерений представили возможность построения трехмерных моделей по скоростям смещений. Это позволило определить места максимальных скоростей сдвига в зоне расположения горнотранспортного оборудования. В качестве основного критерия безопасности ведения горных работ были приняты предельные значения уклона рабочей зоны экскаватора, продольного и поперечного уклона железнодорожного пути. По расчетным моделям скоростей смещений были рассчитаны места проявления критических деформаций отвального массива и время, за которое рабочая площадка примет критический уклон. Представленные нововведения в наблюдениях внутреннего отвала закладывают основу новой концепции мониторинга этих опасных техногенных объектов, которая позволяет максимально эффективно устранить влияние отрицательных особенностей геомеханического мониторинга внутренних отвалов.

Ключевые слова: наблюдательная станция площадного типа; обратная линейно-угловая засечка; косвенное тригонометрическое нивелирование; площадной график скоростей смещений; скорость сдвига.

Технология отвалообразования горных пород сопряжена с повышенной опасностью. Процесс оседания горных пород зависит от их гранулометрического состава, параметров отвала, его основания, обводненности. Особое внимание заслуживает участок поверхности отвала в районе расположения горнотранспортного оборудования, обеспечивающего технологию отвалообразования. Это рабочая зона нахождения железнодорожного транспорта, экскаватора, бульдозера.

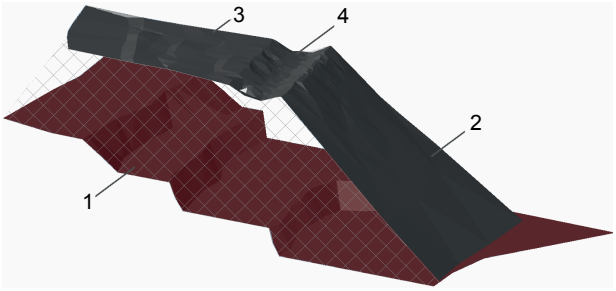


Рисунок 1. Трехмерная модель внутреннего отвала. 1 – основание отвала (борт отработанного карьера); 2 – откос отвала; 3 – поверхность отвала, место расположения горного оборудования; 4 – активная зона оседания.

В данной статье объектом исследований является внутренний отвал ОАО «Ураласбест» (рис. 1). Маркшейдерский контроль геомеханического процесса проводится на поверхности отвала.

Методика проведения наблюдений была разработана в соответствии с современным взглядом на организацию геомеханического контроля открытых горных работ [1] с учетом международного опыта [2] и предусматривает требования:

– к конструкции наблюдательных сетей – схеме и типу станции;

– к методам производства измерений;

– к точности проводимых измерений;

– к способам обработки и интерпретации измерений.

Выбор способа инструментальных наблюдений обусловлен прежде всего целью наблюдений и требуемой точностью. Маркшейдерский геомеханический мониторинг подразумевает систематические наблюдения. Важным моментом в данном случае является сохранение наблюдательной станции. В активной зоне, где неизбежно присутствие горнотранспортного оборудования, сохранность рабочих реперов наблюдательной станции практически невозможна. Следовательно, разумным подходом в выборе методики мониторинга будет использование ее эффективности, которая обеспечит решение поставленной задачи при соблюдении следующих требований:

– использование штатного оборудования;

– минимальное количестве полевых исполнителей;

– минимальное время проведения полевых измерений;

– безопасность производства полевых работ;

– сведение к минимуму негативного влияния горнотехнологических факторов на сохранность наблюдательной станции.

В 2015 г. в связи с резким увеличением высоты внутреннего отвала, достижения отметки затопленных горизонтов отработанного карьера (рис. 2), ожидаемыми сильными оседаниями рабочей зоны отвала, развитие которых было зафиксировано ранее [3], неэффективным способом борьбы с фактором утраты реперов было принято решение об изменении методики мониторинга, подразумевающей увеличение периодичности проведения серий наблюдений с интервалом в один месяц, увеличение ко-

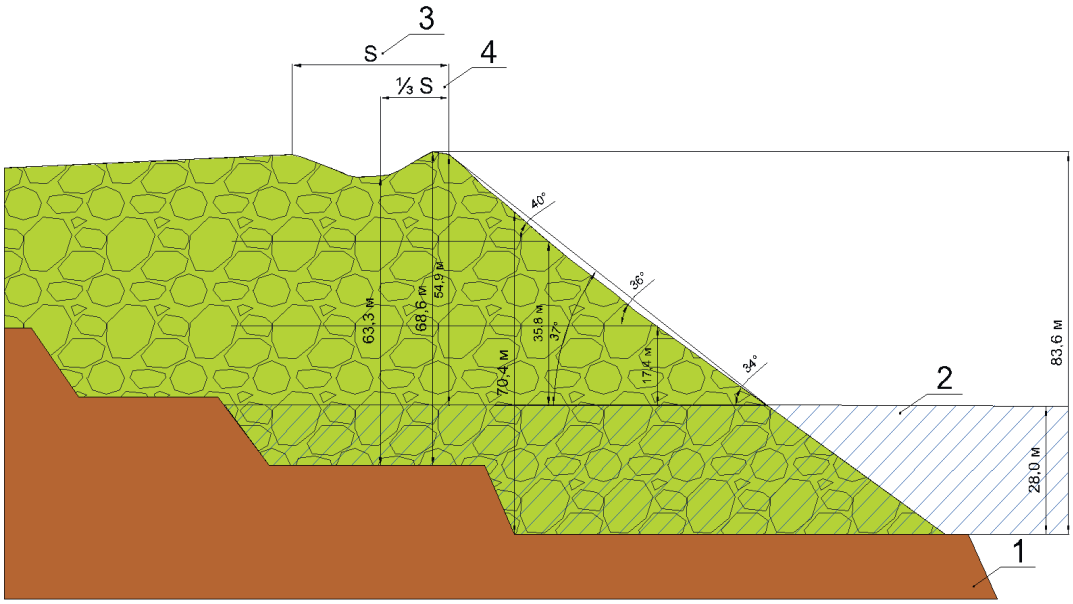


Рисунок 2. Фактический профиль отвала на наблюдаемом участке. 1 – дно карьера; 2 – уровень воды; 3 – зона оседания; 4 – зона интенсивного оседания.

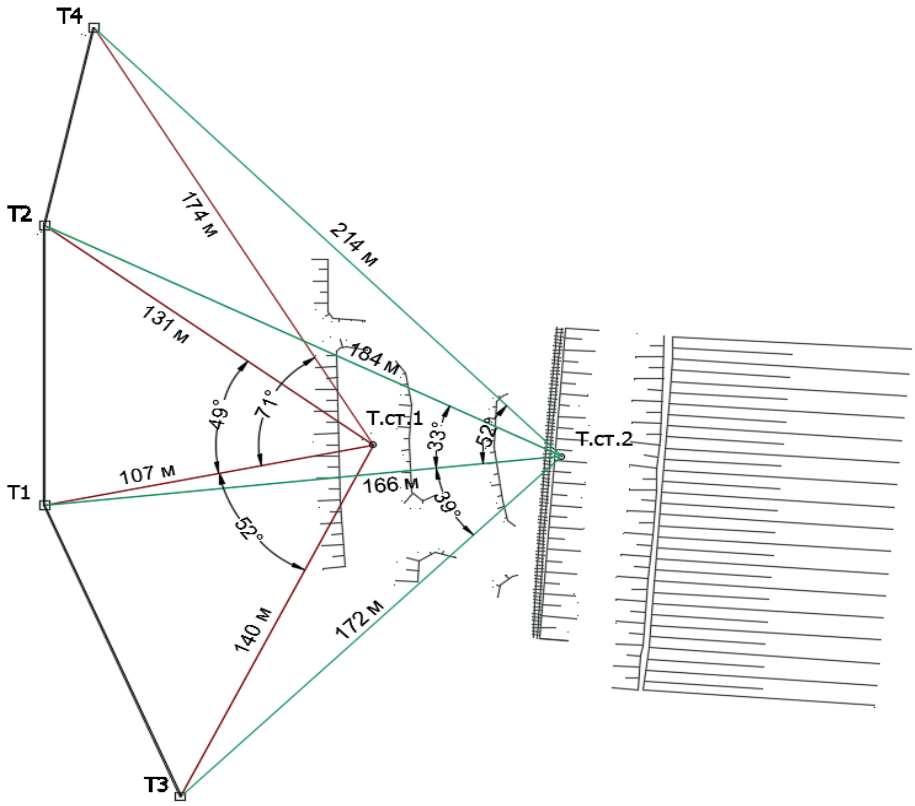


Рисунок 3. Схема обратных линейно-угловых засечек.

личества реперов площадной станции в наиболее активной зоне оседания до 20–40 шт., фиксирование полных смещений пунктов наблюдательной станции.

Методика полевых измерений также претерпела изменения – геометрическое нивелирование от изначальных исходных реперов проводится два раза в год и включает пункты, которые служат обоснованием для обратной линейно-угловой засечки – для контроля устоявшегося положения пунктов геодезической сети сгущения (рис. 3); основной упор сделан на комбинацию засечки с полярным методом, с использованием инженерного тахеометра, штативов с круглыми призмами и мини-призмы ровера, проводимых условно независимо дважды разными исполнителями.

Согласно данным «Таблица 3. Методические указания по наблюдениям…» [4], определенные преимущества линейно-угловых засечек по сравнению с другими методами были отмечены еще в 1980-х гг.: надежный контроль получения вектора смещения, минимальное число опорных пунктов – 2, получение всех составляющих вектора смещения. Высокая точность и современное программное обеспечение инженерных тахеометров позволяют положительно реализовывать предлагаемую методику. При

выборе вида засечки было отдано предпочтение максимальному удобству проведения полевых измерений, минимальному времени проведения полевых работ, наименее трудоемким схемам измерений.

В методических указаниях отмечена целесообразность расчета точности определения малых величин смещения, которые поддаются интерпретации, также нужно исходить из реально возможной точности определения смещений современными методами и средствами измерений. Средняя квадратическая ошибка определения смещения mb не должна превышать ±10–15 мм, СКО определения положения реперов в одной серии наблюдений $m_{i(XY)}$ = ±10 мм, а ошибка определения относительного смещения реперов на 20-метровом интервале ±5–7 мм. При установлении наблюдениями скорости смещений более 0,1 мм/сут средняя квадратическая ошибка определения смещений не должна превышать ±15 мм.

Предрасчет точности определения координат обратной линейно-угловой засечкой с двух, трех и четырех исходных пунктов велся в условной системе координат параметрическим уравниванием. В качестве параметров приняты плановые координаты определяемого пункта [3, 4].

В табл. 1 представлены результаты предварительного расчета точности определения планового положения для двух точек, с которых будут производиться дальнейшие измерения, при использовании двух, трех и четырех исходных пунктов (табл. 2). Схемы засечки обозначены на рис. 3. В качестве измерительного инструмента использовался инженерный тахеометр Leica TS06 с характеристиками СКО m_β = 5", m_l = 1,5 мм + 2 ppm.

Таблица 1. Зависимость СКО засечки от количества исходных пунктов.

Количество исходных пунктов	СКО определения планового положения $m_{обр.\ зас}$, мм	
	Т.ст.1	Т.ст.2
2	3,8	5,2
3	2,7	4,4
4	2,0	3,1

Определение высотных отметок рабочих реперов было выполнено косвенным тригонометрическим нивелированием от исходных пунктов дважды совместно с определением планового положения реперов наблюдательной сети. Формула имеет вид:

$$\Delta H_i = l_i \sin\delta_i - l_{i-1}\sin\delta_{i-1}.$$

Данная методика нивелирования была успешно опробована авторами ранее при построении опорных маркшейдерских сетей [5], также были изучены положительный опыт использования тригонометрического нивелирования из середины при наблюдениях за осадками сооружений [6], тригонометрическое нивелирование на профильных линиях [7], разработанные программы наблюдений тахеометром способом из середины [8].

Формулу определения СКО превышения методом косвенного тригонометрического нивелирования можно найти по стандартной формуле СКО функции от некоррелированных аргументов:

$$m_{i(m)} = \frac{1}{\sqrt{n}}\sqrt{\sin^2\delta_{i-1}m_{l_{i-1}}^2 + \sin^2\delta_i m_{l_{i-1}}^2 m_{l_i}^2 + \cos^2\delta_{i-1}\left(\frac{m_\delta}{\rho}l_{i-1}\right)^2 + \cos^2\delta_i\left(\frac{m_\delta}{\rho}l_i\right)^2 + 2m_в^2},$$

где δ_{i-1}, i – вертикальный угол при наведении на исходную и определяемую точку соответственно (в нашем случае δ в пределах 1°–6°, а следовательно, первыми двумя слагаемыми в формуле можно пренебречь); l_{i-1}, $_i$ – расстояния между исходным пунктом–тахеометром–репером; m_δ – ошибка измерения вертикального угла (равна m_β); m_j – СКО измерения расстояний; mв – ошибка визирования на мини-призму ($m_в$ = 0,7 мм); n – количество независимых измерений (в рассматриваемом случае n = 2).

Воспользовавшись законом распространения ошибки и продифференцировав уравнения смещений, можно найти СКО планового, вертикального и полного смещения реперов соответственно по формулам:

$$m_{\xi_k} = \sqrt{m_{i(XY)_k}^2 + m_{i(XY)_{k-1}}^2},\ m_{\eta k} = \sqrt{m_{i(H)_k}^2 + m_{i(H)_{k-1}}^2},$$

$$m_{b_k} = \sqrt{m_{i(XYH)_k}^2 + m_{i(XYH)_{k-1}}^2} = \sqrt{\frac{m_{\xi k}^2}{1+(\eta/\xi)^2} + \frac{m_{\eta k}^2}{1+(\xi/\eta)^2}},$$

$$m_{b_k(\xi\approx\eta)} = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{m_{\xi k}^2 + m_{\eta k}^2},$$

где k, k–1 – последняя и предыдущая серии наблюдений (если методика в сериях не изменялась, то значения СКО можно принять равными); m_b – принимают либо за большее из СКО планового и высотного смещения, либо рассчитывают исходя из условия равенства величин смещения ξ ≈ ή (при вертикальном угле вектора смещения δ, близком к 45°).

В сводной табл. 2 представлены расчеты СКО смещений для наиболее слабой точки при точках стояния № 1 и № 2 и использования двух, трех и четырех исходных пунктов.

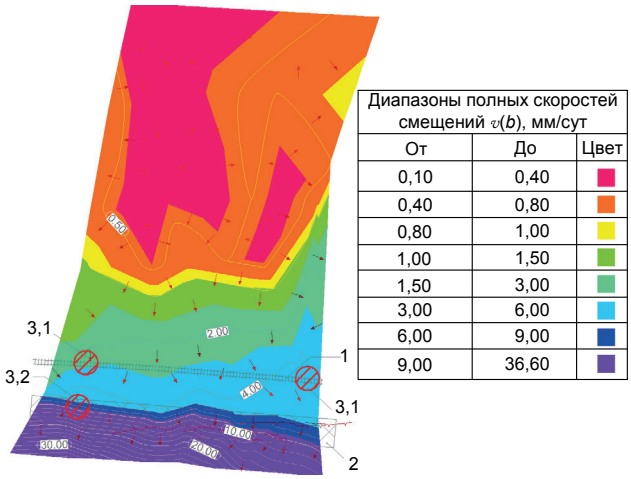
Проведенный предварительный расчет точности предлагаемой методики определения полных смещений реперов наблюдательной станции подтверждает полное соответствие требованиям маркшейдерских инструкций и методических указаний.

Технология отвалообразования обеспечивается железнодорожным транспортом и экскаваторами ЭКГ-8И, формирующими берму безопасности и борт отвала.

Производя геодинамический анализ результатов наблюдений, в качестве основного критерия безопасности ведения горных работ приняли предельные значения уклона рабочей зоны экскаватора, продольного и поперечного уклона железнодорожного пути [9]. Допустимый уклон рабочей площадки ЭКГ-8И, руководствуясь СНиП 2.05.07–91, необходимо принять равным 4о. На железнодорожных путях карьеров, руководствуясь ЦП-774, можно применять руководящий уклон 40 ‰, при использовании тяговых агрегатов – не круче 60 ‰, предельный поперечный уклон составляет ~100 ‰, на прямых участках разрешено содержать путь по уровню с возвышением на 6 мм одной рельсовой нити над другой с соответствующим уклоном ~4 ‰. Такие значения уклонов будут обеспечивать необходимый уровень безопасности ведения горных работ.

Таблица 2. Зависимость СКО положения репера и определения его смещений от количества исходных пунктов.

Количество исходных пунктов	СКО положения наиболее слабого пункта и определения его смещений, мм											
	Т.ст.1						Т.ст.2					
	$m_{(XY)}$	$m_{(H)}$	m_ξ	m_η	$m_{b(\xi\approx\eta)}$	m_b	$m_{(XY)}$	$m_{(H)}$	m_ξ	m_η	$m_{b(\xi\approx\eta)}$	m_b
2	3,3	2,8	4,7	4,0	4,4	**4,7**	4,2	3,2	5,9	4,5	5,2	**5,9**
3	2,8	2,6	4,0	3,7	3,8	**4,0**	3,7	3,0	5,2	4,2	4,7	**5,2**
4	2,4	2,5	3,4	3,5	3,4	**3,4**	3,0	2,8	4,2	4,0	4,1	**4,2**



Диапазоны полных скоростей смещений $v(b)$, мм/сут		
От	До	Цвет
0,10	0,40	
0,40	0,80	
0,80	1,00	
1,00	1,50	
1,50	3,00	
3,00	6,00	
6,00	9,00	
9,00	36,60	

Рисунок 4. Площадной график скоростей полных смещений 22-й серии наблюдений. 1 – подъездные железнодорожные пути; 2 – рабочая площадка ЭКГ-8И; 3,1; 3,2 – места максимальных скоростей сдвига для железнодорожных путей и экскаватора, время критических деформаций 29 и 37 сут, соответственно.

Для максимальной информативности интерпретации данных и эффективного устранения фактора утраты реперов недостаточно сокращения интервалов наблюдений до одного месяца, необходимого для фиксирования изменения положения на-блюдательного пункта в рабочей зоне. Из-за технологии отвалообразования, активной стадии оседания отвала рабочая площадка под экскаватор регулярно выравнивается, что неминуемо ведет к полной утрате пунктов наблюдательной станции. Следовательно, по результатам проведения серий интервалы эффективных наблюдений могут отличаться в несколько раз. Отсюда можно сделать рациональный вывод о том, что абсолютные значения смещений в геодинамическом анализе крайне неинформативны и оперировать необходимо скоростями смещений.

Авторы статьи рассмотрели опыт применения современных компьютерных технологий при анализе результатов наблюдений за деформациями главного корпуса обогатительной фабрики «Распадская» [10], в котором был применен программный продукт CREDO Расчет деформаций 1.01. Результатом приведенного анализа явились деформационная поверхность и трехмерная модель осадок. Также были рассмотрены методики построения цифровых моделей осадок для анализа деформационных процессов промышленных сооружений с использованием геостатистических методов на примере Барнаульской ТЭЦ-2, Ленинградской АЭС [11].

Определение времени критического деформирования в наиболее слабых участках площадной станции $T^{н}$, сут.

Серия наблюдений	C_{22}	C_{24}	C_{25}
Подъездные железнодорожные пути	29	45	37
Рабочая площадка ЭКГ-8И	48	65	65

Для построения площадных графиков скоростей смещений авторами был применен универсальный программный продукт фирмы Autodesk – AutoCAD Civil 3D. Поверхности строились методом треугольников (TIN-поверхность) по плановым координатам и взятым вместо высотных отметок значениям скоростей смещений. Так как скорости смещений определены на конкретных реперах с определенной точностью, TIN-поверхность, построенная по таким значениям, будет независима от ошибки интерполирования значений на участках с утраченными реперами – в отличие от построения TIN-поверхности как разности поверхностей по высотным отметкам, что было подтверждено в предыдущих научно-исследовательских работах на данном отвале.

В полученных пространственных моделях были отмечены существующий рельеф в виде уступов отвала, трещины, расположение железнодорожных путей и рабочей зоны экскаватора.

В предлагаемой методике анализа геодинамических процессов на пространственной модели определяется скорость сдвига, либо, другими словами, скорость изменения уклона рабочей зоны экскаватора и железнодорожные пути с максимальным значением на наблюдаемом участке. Физический смысл представлен далее.

Сдвиг – это отношение разности полных смещений соседних реперов к расстоянию между этими реперами по нормали к направлению их смещения. При несовпадении направлений смещений реперов выбирают наиболее характерное для исследуемого участка прибортового массива направление смещения. Формула расчета сдвига:

$$\gamma = \frac{b_{n+1} - b_n}{m},$$

где m – расстояние между реперами по нормали к направлению смещения, м.

Поделив обе части на временной интервал между сериями наблюдений t, получим формулу скорости сдвига:

$$v_{\gamma} = \frac{v_{b_{n+1}} - v_{b_n}}{m}.$$

Можно сделать вывод о том, что угол между горизонтом и плоскостью треугольника TIN-поверхности, построенной по скоростям смещений, физически будет соответствовать скорости изменения этого угла во времени. Иными словами, на предложенных 3D-моделях графически можно определить наибольшую скорость изменения уклона в рабочей зоне экскаватора и железнодорожных путей в определенной серии наблюдений (рис. 4).

По полученным данным можно произвести расчет предполагаемого времени, за которое рабочая площадка в наиболее слабом месте исследуемого участка изменит свой уклон до критических значений для принятого оборудования и транспорта:

$$T^{н} = \frac{\angle i}{v_{\gamma_{max}}} = \frac{\tan\angle\theta}{v_{\gamma_{max}}},$$

где $T^{н}$ – время деформирования борта, необходимое для достижения критического значения уклона, сут; $\angle i$, $\angle\theta$ – допустимый уклон, либо угол наклона площадки соответственно; $v_{\gamma(max)}$ – максимальная скорость сдвига на наблюдаемом участке рабочей зоны.

Время критического деформирования было рассчитано при допустимых уклонах железнодорожных путей 4‰, площадки под экскаватор – 70 ‰, результаты приведены ниже.

В представленной статье была пересмотрена концепция проведения геомеханического мониторинга наблюдений за деформациями отвала. Математически обоснована и успешно применена новая методика проведения полевых измерений, основанная на линейно-угловой засечке и косвенном тригонометрическом нивелировании. Время проведения полевых измерений с учетом большого количества реперов и сложного рельефа прибортовой площадки отвала по сравнению с традиционными методами геометрического нивелирования сокращается в два-три раза. Существенно экономится время камеральной обработки данных в электронном виде. Методика позволяет фиксировать положение репера по трем координатным осям, что дает возможность прово-

дить более глубокий анализ геодинамических процессов отвала.

Использование станции площадного типа, укороченные эффективные интервалы наблюдений, новая концепция анализа и интерпретации посредством построения площадных графиков скоростей смещений позволяют максимально устранить влияние отрицательных особенностей геомеханического мониторинга внутренних отвалов: частая утрата реперов в рабочей зоне отвала, ведение наблюдений только верхней площадки отвала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ташкинов А. С., Таюрский А. А, Мироненко А. Т. Организация геомеханического контроля в условиях открытых горных работ // Вестник КузГТУ. 2007. № 2. С. 39–41.
2. Palamar A.Yu., Laufer D. D. Analysis of methods of predicting pit walls and waste dumps stability // Computer science, information technology, automation. 2015. № 1. P. 2–5.
3. Банников А. Е., Голубко Б. П. Разработка методики наблюдений за геомеханическими процессами внутренних отвалов // Уральская горная школа – регионам: Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. С. 290–291.
4. Банников А. Е., Голубко Б. П. Оценка точности маркшейдерско-геодезического обеспечения при строительстве высотных инженерных сооружений и методы ее повышения // Изв. УГГУ. 2013. № 2(30). С. 31–34.
5. Голубко Б. П., Банников А. Е. Разработка и внедрение новых методик измерений при создании подземных маркшейдерских опорных сетей // Маркшейдерия и недропользование. 2015. № 2(76). С. 56–59.
6. Никонов А. В. Опыт применения тригонометрического нивелирования с использованием электронных тахеометров для наблюдения за осадками сооружений // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2013. Т. 1, №1. С. 78–86.
7. Щерба О. С. Методы тригонометрического нивелирования при маркшейдерских наблюдениях на профильных линиях // Вестник ЮУрГУ. Сер. Строительство и архитектура. 2011. № 16. С. 53–55.
8. Уставич Г. А. Рахымбердина М. Е. Разработка программ наблюдений тахеометром на нивелирной станции способом из середины // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2013. Т. 1, № 1. С. 163–168.
9. Голубко Б. П., Яковлев В. Н., Кощеев И. С. Маркшейдерский контроль за геомеханическим процессом внутренних отвалов вскрышных пород // IVth International geomechanics conference. Varna, Bulgaria, 2010.
10. Новоселов Д. Б. Самбурский Д. В. Применение современных компьютерных технологий при обработке и анализе результатов наблюдений за деформациями зданий и сооружений // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2014. Т. 1, № 2. С. 39–43.
11. Басаргин А. А. Анализ деформаций фундаментов промышленных сооружений с применением геостатистических методов // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2012. Т. 1, № 1. С. 201–205.

REFERENCES

1. Tashkinov A. S., Tayurskiy A. A., Mironenko A. T. 2007, *Organizatsiya geomekhanicheskogo kontrolya v usloviyakh otkrytykh gornykh rabot* [Organization of geomechanical monitoring in conditions of open cast mining]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Vestnik of Kuzbass State Technical University], no. 2, pp. 39–41.
2. Palamar A. Yu., Laufer D. D. 2015, Analysis of methods of predicting pit walls and waste dumps stability. Computer science, information technology, automation, no. 1.
3. Bannikov A. E., Golubko B. P. 2015, *Razrabotka metodiki nablyudeniy za geomekhanicheskimi protsessami vnutrennikh otvalov* [Development of observation techniques for the geomechanical processes of internal dumps]. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Ural'skaya gornaya shkola – regionam»* [International scientific-practical conference "Ural Mining School – to regions"], pp. 290–291.
4. Bannikov A. E., Golubko B. P. 2013, *Otsenka tochnosti marksheydersko-geodezicheskogo obespecheniya pri stroitel'stve vysotnykh inzhenernykh sooruzheniy i metody ee povysheniya* [Evaluation of the accuracy of surveyor-geodetic provision in the construction of high-rise engineering structures and methods of its increase]. *Izvestiya UGGU* [News of the Ural State Mining University], no. 2(30), pp. 31–34.
5. Golubko B. P., Bannikov A. E. 2015, *Razrabotka i vnedrenie novykh metodik izmereniy pri sozdanii podzemnykh marksheyderskikh opornykh setey* [Development and implementation of new measurement techniques in creating underground mine surveying backbones]. Marksheyderiya i nedropol'zovanie [Mine surveying and subsurface use], no. 2(76), pp. 56–59.
6. Nikonov A. V. 2013, *Opyt primeneniya trigonometricheskogo nivelirovaniya s ispol'zovaniem elektronnykh takheometrov dlya nablyudeniya za osadkami sooruzheniy* [Experience of using trigonometric leveling by using electronic tacheometers for monitoring construction precipitation.]. *Interekspo Geo-Sibir'* [Interexpo Geo-Siberia], no. 1, vol. 1.
7. Shcherba O. S. 2011, *Metody trigonometricheskogo nivelirovaniya pri marksheyderskikh nablyudeniyakh na profil'nykh liniyakh* [Trigonometric leveling methods during mine surveying observations on core lines]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Proceedings of South Ural State University. Series: Construction and Architecture], no. 16, pp. 53–55.
8. Ustavich G. A., Rakhymberdina M. E. 2013, *Razrabotka programm nablyudeniy takheometrom na nivelirnoy stantsii sposobom iz serediny* [Development of observer programs using tachymeter on the leveling station by the middle way]. *Interekspo Geo-Sibir'* [Interexpo Geo-Siberia], no. 1, vol 1.
9. Golubko B. P., Yakovlev V. N., Koshcheev I. S. 2010, M*arksheyderskiy kontrol' za geomekhanicheskim protsessom vnutrennikh otvalov vskryshnykh porod* [Surveying control of geomechanical processes of internal overburden dumps]. IVth international geomechanics conference.
10. Novoselov D. B., Samburskiy D. V. 2014, *Primenenie sovremennykh komp'yuternykh tekhnologiy pri obrabotke i analize rezul'tatov nablyudeniy za deformatsiyami zdaniy i sooruzheniy* [The application of modern computer technology in the processing and analysis of the results of observations over deformations of buildings and constructions]. *Interekspo Geo-Sibir'* [Interexpo Geo-Siberia], no. 2, vol. 1.
11. Basargin A. A. 2012, *Analiz deformatsiy fundamentov promyshlennykh sooruzheniy s primeneniem geostatisticheskikh metodov* [Analysis of the deformation of foundations of industrial facilities using geostatistical methods]. *Interekspo Geo-Sibir'* [Interexpo Geo-Siberia], vol. 1.

Борис Павлович Голубко,
golubko.b@mail.ru
Антон Евгеньевич Банников,
bannikovaesun@mail.ru
Алексей Владимирович Гальянов,
sgimd@mail.ru
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Boris Pavlovich Golubko,
golubko.b@mail.ru
Anton Evgen'evich Bannikov,
bannikovaesun@mail.ru
Aleksey Vladimirovich Gal'yanov
sgimd@mail.ru
Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia