

Е.Н. Черных, Г.В. Шубин, Б.Н. Заровняев

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОГЕННЫХ ВИБРАЦИЙ НА КАРЬЕРЕ «УДАЧНЫЙ»

Для оценки влияния вибрационных воздействий от различного вида горно-транспортного оборудования на массив уступов и берм бортов карьера «Удачный», в течение двух сезонов проведен комплекс натуральных измерений с использованием цифровых инженерно-сейсмометрических станции «Байкал-1» и «Байкал-12».

Ключевые слова: массив бортов карьера, инженерно-сейсмометрические станции «Байкал-1» и «Байкал-12», вибрационное воздействие, горнотранспортное оборудование, виброскорость, виброперемещения, виброускорения, землетрясения обычной продолжительности.

На современных карьерах применяются мощные высокопроизводительные механизмы: экскаваторы, погрузчики, автосамосвалы, буровые станки и вспомогательное оборудование с различными виброхарактеристиками.

При отработке глубоких карьеров происходят динамические воздействия от естественных и техногенных вибраций на борта карьера.

Постоянной динамической нагрузке подвергаются откосы уступов, расположенные вблизи транспортных коммуникаций и мест локальной концентрации работающего выемочно-погрузочного, бурового и вспомогательного оборудования.

Для получения практических значений вибрационных воздействий на массивы уступов и берм бортов карьера трубки «Удачная» в начале 2000-х годов в течение двух летних сезонов проведены натурные исследования вибропараметров сейсмометрической станцией «Байкал-12» по всему периметру карьера [1].

Для записи вибраций применялись цифровые инженерно-сейсмометрические станции «Байкал-1» – на первом этапе работ, проведенном, и «Байкал-12» – на втором этапе. Основные технические характеристики приведены в табл. 1.

В комплекте с сейсмоприемниками СК-1П (собственный период 1 с, зату-

Таблица 1

Технические характеристики инженерно-сейсмометрических станций

№ пп	Параметры	«Байкал-1»	«Байкал-12»
1	Количество дифференциальных входов	12	14
2	Разрядность АЦП	16	24
3	Базовый коэффициент преобразования	1,6 мкв/дискрет	1,0 мкв/дискрет.
4	Программируемые коэффициенты усиления (по каждому каналу)	–	0, 2, 4, 8
5	Объем внутренней энергонезависимой памяти	–	4 Мбт.
6	Частота дискретизации, программируемая	100	до 5000 Гц
7	Напряжение питания	12 вольт	9–15 вольт пост. тока (не стаб.)
8	Потребляемая мощность	не более 6 ватт	не более 6 ватт

хание 0,5), станция «Байкал-1» позволяет регистрировать скорость колебаний в диапазоне частот 0,7–20 Гц, а станция «Байкал-12» – в диапазоне частот 0,7–450 Гц. Интервал регистрируемых станциями амплитуд составляет от 0,003 до 200 мкм/с.

При измерениях запись вибраций велась одновременно в двух пунктах наблюдения двумя трехкомпонентными сейсмоприемниками. Один из сейсмоприемников устанавливался на верхней бровке, другой – на нижней. Ориентация производилась по трем направлениям: *X* – поперек бровки, *У* – вдоль бровки, *Z* – в вертикальной плоскости. В каждом пункте наблюдения производилась запись длительностью не менее 5 минут. Схема расположения пунктов наблюдений измерения вибраций в карьере трубки «Удачная» показана на рисунке. Пункты наблюдений были выбраны таким образом, чтобы охватить все разновидности инженерно-геологических условий и установить их реакцию на динамическое вибровоздействие от основных техногенных источников, действующих в карьере.

В число пунктов наблюдений включены такие участки в карьере, как места установки тросово-сетчатой завесы, дополнительный выезд, северный борт с вертикальными уступами и т.д., в которых отмечены деструктивные явления, а также те участки, в которых можно ожидать резкого возрастания динамических нагрузок в случае сильных сейсмических и техногенных воздействий. Всего измерения были выполнены в 33 (в первый сезон) и 32 (во второй сезон) пунктах. Расстояние между соседними пунктами наблюдения ориентировочно принималось в пределах 200 м.

В карьере трубки «Удачная» постоянным источником виброизлучений, за исключением периодов времени, когда производятся взрывы, являются работающие автосамосвалы, выемоч-

но-погрузочные машины и буровые станки, обеспечивающие непрерывность технологического цикла.

Все техногенные источники вибрации, действующие в пределах карьера, можно разделить на две группы:

1. источники, которые потребляют энергию из сети или сами ее вырабатывают;

2. транспорт: автомобильный, строительно-дорожные машины и механизмы, бульдозеры, грейдеры.

Особенностью источников вибраций, относящихся к первой группе, является то, что режим работы источников этого типа определяется режимом работы энергосети, посредством которой эти источники связаны между собой. Для спектров сейсмических колебаний, вызываемыми такими источниками, характерно наличие узких пиков с шириной, близкой к такой, которую дали бы гармонические колебания. Частота гармоник связана с частотой энергосети коэффициентом деления на $2n$ (где n – число пар полюсов). К источникам такого типа будут относиться машины и механизмы, работающие от сети, такие как электродвигатели и генераторы, компрессора, насосы.

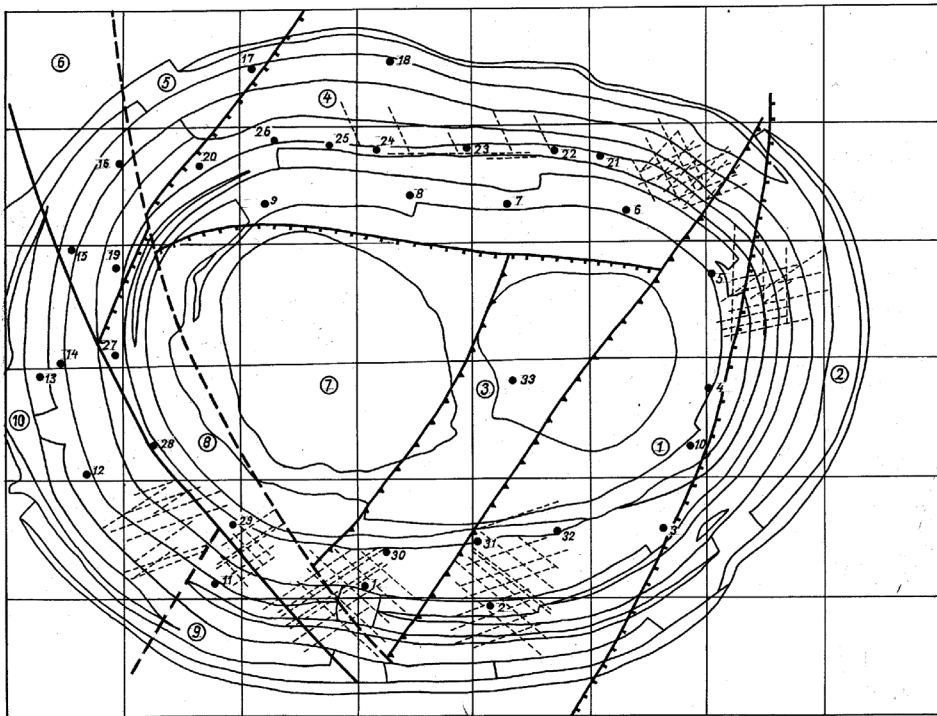
К источникам второй группы можно отнести карьерные автосамосвалы, бульдозеры на колесном и гусеничном ходу, автогрейдеры, автопогрузчики и другой вспомогательный автомобильный транспорт.

Виброисточники первой группы возбуждают и передают грунту квазистационарные, гармонические вибрации непрерывно или в течение длительного времени. Для сейсмических колебаний, возбуждаемых такими источниками, выполняется условие:

$$f_c * T_c \gg 1, \quad (1)$$

где f_c и T_c – соответственно средняя частота и длительность посылки сигнала.

Виброисточники второй группы возбуждают и передают в грунт ударные



Условные обозначения:

- Границы блоков, сформировавшиеся в обстановке растяжения
- Границы блоков, сформировавшиеся в обстановке сжатия
- Границы блоков, сформировавшиеся в обстановке сдвига
- Блоки с различной степенью нарушенности тектоническими трещинами, выделенные А.И. Мельниковым
- Зоны трещиноватости

Блоки с разной степенью нарушенности

- 1 Аномально высоко нарушенный блок (12-15 и более систем трещин)
- 23 Высоко нарушенные блоки (10-12 систем трещин)
- 58 Средне нарушенные блоки (8-10 систем трещин)
- 410 Слабо нарушенные блоки (6-8 систем трещин)
- 7 Аномально нарушенный блок (менее 6 систем трещин)

Схема расположения пунктов измерения вибраций в карьере трубки «Удачная»

нагрузки и возбуждают сейсмические колебания импульсного типа. Некоторые источники можно отнести как к первой, так и ко второй группе. Например, экскаваторы с электроприводом будут возбуждать сейсмические колебания вибрационного и импульсного типов. Такие источники вибраций, как карьерные самосвалы в процессе движения будут возбуждать колебания виброимпульсного типа.

При измерении параметров вибраций может использоваться несколько режимов. В режиме виброметра измеряется виброперемещение колебательного процесса. В режиме велосиметра – скорость колебательного процесса $B(t) = \dot{S}(t)$.

В режиме акселерометра определяется ускорение $A(t) = \ddot{S}(t)$. Указанные параметры вибрации могут быть измерены в одной плоскости или могут быть определены их векторные значения.

Например, в режиме виброперемещений векторное значение будет определяться как:

$$S(t)_{xyz} = \sqrt{S(t)_x^2 + S(t)_y^2 + S(t)_z^2} \quad (2)$$

где $S(t)_{xyz}$ – вектор, $S(t)_x$, $S(t)_y$, $S(t)_z$ – амплитуды виброперемещений по компонентам X, Y, Z.

При измерении параметров вибраций используют их пиковое (максимальное) значение или среднеквадратичное. При анализе результатов измерений в дальнейшем, за исключением

специально оговоренных случаев, будем использовать среднеквадратичные значения величин колебательного процесса. Эта величина, как правило, используется в практике виброизмерений, так как по физическому смыслу она связана с мощностью переменных составляющих случайного процесса [2]. Среднеквадратичное значение колебательной величины за период называется действующим:

$$x_d = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} [x(t)]^2 dt} \quad (3)$$

По этой причине среднеквадратичное значение колебательной величины называют иногда эффективным значением. В дальнейшем, под уровнем колебаний будем подразумевать среднеквадратичное значение колебательной величины (виброперемещения, виброскорости, виброускорения). При анализе результатов измерений используем следующие обозначения:

S_x, S_y, S_z – максимальные амплитуды виброперемещений по компонентам X, Y, Z ;

B_x, B_y, B_z – максимальные амплитуды виброскоростей по компонентам X, Y, Z ;

A_x, A_y, A_z – максимальные амплитуды виброускорений по компонентам X, Y, Z ;

$S\sigma_x, S\sigma_y, S\sigma_z$ – среднеквадратичные амплитуды (уровни) виброперемещений по компонентам X, Y, Z ;

$B\sigma_x, B\sigma_y, B\sigma_z$ – среднеквадратичные амплитуды (уровни) виброскорости по компонентам X, Y, Z ;

$A\sigma_x, A\sigma_y, A\sigma_z$ – среднеквадратичные амплитуды (уровни) виброускорения по компонентам X, Y, Z ;

$S\sigma_{xyz}, S\sigma_{xy}, S\sigma_{yz}$ – векторные значения среднеквадратичных амплитуд виброперемещений по компонентам X, Y, Z ;

$B\sigma_{xyz}, B\sigma_{xy}, B\sigma_{yz}$ – векторные значения среднеквадратичных амплитуд виброскоростей по компонентам X, Y, Z ;

$A\sigma_{xyz}, A\sigma_{xy}, A\sigma_{yz}$ – векторные значения среднеквадратичных амплитуд виброускорений по компонентам X, Y, Z .

Следует отметить, что в настоящее время нет общепризнанной методики, позволяющей определять степень влияния вибраций на устойчивость уступов и бортов карьеров. Если в оценке действия взрывов на массив имеется сравнительно большой экспериментальный материал, подкрепленный теоретическими разработками, из которых вытекает, что основным параметром, определяющим сейсмическое воздействие взрыва на горные породы и сооружения, является колебательная скорость, то в отношении вибраций такого определенного параметра нет. Поэтому, на данном этапе исследований динамического влияния вибраций и их применения для целей прогноза устойчивости разумно включать в анализ, наряду с виброскоростью, такие кинематические элементы как виброперемещения и виброускорения.

Измерения вибраций в карьере производилось в два этапа с интервалом около года [3]. Измерения на втором этапе были проведены в тех же пунктах наблюдения (ПН), что и на первом этапе, за исключением ПН-33, где по техническим причинам измерения не были выполнены. Измерения амплитуд производились по открытому каналу, при различных полосах пропускания, обусловленных амплитудно-частотными характеристиками станций «Байкал-1» и «Байкал-12». Это обстоятельство было учтено при анализе результатов измерений. Следует отметить, что основным параметром, характеризующим стационарный эргодический процесс, к которому относятся вибрации, являются среднеквадратичные амплитуды. Максимальные амплитуды характеризуют в основном импульсные сигналы, и дают представление о верхней границе динамического диапазона вибраций. Сравнивая амплитуды сейсми-

ческих сигналов в «тихих» и «шумных» пунктах наблюдения, можно оценить динамический диапазон сейсмических сигналов, регистрируемых в карьере трубки «Удачная». Диапазон изменения зависит от регистрируемого кинематического элемента: смещения, скорости или ускорения. Виброперемещения в пределах проведенной серии измерений изменяются в 34 раза, виброскорости в 291 раз, а степень изменения виброускорений достигает 832 раза. Этот результат объясняется тем, что каждый из указанных вибропараметров характеризует сейсмические колебания в различной спектральной области. При заданной полосе частот уровень виброперемещений определяется ее низкочастотной, виброскоростей – среднечастотной, а виброускорений – высокочастотной частью спектра регистрируемых колебаний. Высокочастотные колебания, которые определяют виброускорение, вследствие затухания уменьшаются с увеличением расстояния до источника сильнее, чем низкочастотные, которые в большей степени определяют, например, виброперемещение. В качестве основного параметра, характеризующего вибрационный процесс, используем среднеквадратичные амплитуды, которые, как уже отмечалось, для краткости называют уровнем.

Максимальный уровень виброперемещений по измерениям в первой серии наблюдался в ПН-276 по компоненте X , $\sigma_{sx} = 0,24$ мкм, виброскоростей по компоненте X , $\sigma_{bx} = 0,23$ мкм/с, виброускорений по компоненте Y , $\sigma_{Ay} = 231,9$ мкм/с². Величина отношения уровня виброперемещений по горизонтальным компонентам к уровню на вертикальной компоненте изменяется от 0,2 до 6,4. Максимальные значения этого отношения, характеризующего поляризацию колебаний, наблюдаются в ПН-29, $\sigma_{sx}/\sigma_{sz} = 4,7$, $\sigma_{sy}/\sigma_{sz} = 6,4$, минимальное значение в ПН-5, $\sigma_{sx}/\sigma_{sz} = 0,3$, $\sigma_{sy}/\sigma_{sz} = 0,2$.

По виброскорости диапазон отношений уровня колебаний по горизонтальным компонентам к вертикальной составляет от 0,35 до 3,64, по виброускорениям от 0,5 до 4,3. Максимальные значения отношений по виброскорости и виброускорению наблюдаются в ПН-29, $\sigma/\sigma_{BZ} = 3,6$, $\sigma_{By}/\sigma_{BZ} = 3,5$, $\sigma_{ax}/\sigma_{sz} = 4,3$, $\sigma_{ay}/\sigma_{az} = 3,9$, минимальные в ПН-5 по виброскорости, $\sigma_{Bx}/\sigma_{sz} = 0,5$, $\sigma_{By}/\sigma_{BZ} = 0,4$ и по виброускорению в ПН-19, $\sigma_{ax}/\sigma_{sz} = 0,8$, $\sigma_{ay}/\sigma_{az} = 0,5$.

Максимальный уровень виброперемещений по измерениям во второй серии наблюдался в ПН-276 по компоненте X , $\sigma_{sx} = 0,48$ мкм, виброскоростей в ПН-28а по компоненте Y , $\sigma_{Bx} = 20,98$ мкм/с, виброускорений в ПН-31б по компоненте Y , $\sigma_{Ay} = 525,8$ мкм/с². Величина отношения уровня виброперемещений по горизонтальным компонентам к уровню на вертикальной компоненте изменяется от 0,4 до 3,2. Максимальные значения этого отношения наблюдаются в ПН-276, $\sigma_{sx}/\sigma_{sz} = 3,2$ и в ПН-46, $\sigma_{sy}/\sigma_{sz} = 4,4$, минимальное значение в ПН-20б, $\sigma_{sx}/\sigma_{sz} = 0,36$ и в ПН-21а, $\sigma_{sy}/\sigma_{sz} = 0,17$. По виброскорости диапазон отношений уровня колебаний по горизонтальным компонентам к вертикальной составляет от 0,37 до 4,88, по виброускорениям от 0,23 до 4,76. Максимальные значения отношений по виброскорости наблюдаются в ПН-24а, $\sigma_{Bx}/\sigma_{BZ} = 3,9$ и в ПН-31б $\sigma_{By}/\sigma_{BZ} = 4,76$, по виброускорению в ПН-24а $\sigma_{ax}/\sigma_{sz} = 3,9$ и ПН-31б $\sigma_{ay}/\sigma_{az} = 4,76$, минимальные в ПН-19а по виброскорости, $\sigma_{Bx}/\sigma_{sz} = 0,79$ и в ПН 10б, $\sigma_{By}/\sigma_{BZ} = 0,37$. По виброускорению в ПН-19а, $\sigma_{ax}/\sigma_{sz} = 0,5$ и ПН-10б $\sigma_{ay}/\sigma_{az} = 0,23$.

Для анализа распределения амплитуд вибраций в карьере и уменьшения количества анализируемых параметров значения среднеквадратичных амплитуд по компонентам X , Y , Z были пе-

реведены в векторные значения. Векторные значения вибропараметров приведены в табл. 2 и 3.

При анализе результатов измерений рассмотрены среднеквадратичные амплитуды (уровни) колебательных величин и их векторные значения.

Значения вибропараметра, превышающего средний уровень на величину более чем среднеквадратичное значение (стандарт). Такие значения вибропараметров, то есть превышающие среднее значение на величину более чем стандарт, выделены жирным шрифтом в табл. 2 и 3.

Максимальные амплитуды характеризуют, в основном, импульсные сигналы и дают представление о верхней границе динамического диапазона вибраций.

В качестве критерия повышенной вибрационной нагрузки приняты основании введенного критерия аномальные значения уровня вибропараметров по первой серии измерений наблюдались: по виброперемещениям – в ПН-1, ПН-4, ПН-29, виброскоростям – в ПН-1, ПН-8, ПН-27 ПН-29, ПН-32, виброускорениям – в ПН-8, ПН-27, ПН-31; ПН-32. По измерениям второй серии повышенные динамические нагрузки наблюдались в следующих пунктах наблюдения: по виброперемещениям – в ПН-1а, ПН-4а, ПН-10а, ПН-27а; ПН-28а, по виброскоростям – в ПН-1а, ПН-10а, ПН-28а, ПН-29а, ПН-30а, ПН-31а, по виброускорениям – в ПН-10а, ПН-27а, ПН-31а. В указанных пунктах повышенные динамические нагрузки на борта карьера могут

Таблица 2

Векторные значения вибропараметров по измерениям первого сезона

Наим. борта, абс. отм.	№ ПН	$S_{\sigma_{xyz}}$, МК М	$B_{\sigma_{xyz}}$, МК М/С	$A_{\sigma_{xyz}}$, МК М/С ²	№ ПН	$S_{\sigma_{xyz}}$, МК М	$B_{\sigma_{xyz}}$, МК М/С	$A_{\sigma_{xyz}}$, МК М/С ²	Наим. борта, абс. отм.
Южный борт, +115 ÷ +70 м	1	0,21	2,64	111,82	17	0,02	0,34	14,89	Северн. борт, гор.+160 м
	2	0,05	0,86	51,08	18	0,02	0,59	34,43	
	3	0,06	1,13	70,06	19	0,05	0,69	31,59	Зап. борт, +70 м
Вост. борт. -35 м	4	0,16	1,66	63,19	20	0,09	1,13	53,48	Северн. борт, горизонт +70 м
Северный борт, горизонт -35 м	5	0,07	0,76	29,33	21	0,05	0,81	44,94	
	6	0,04	0,61	32,62	22	0,04	0,82	49,66	
	7	0,05	0,95	60,49	23	0,08	1,26	74,79	
	8	0,05	1,95	155,20	24	0,07	1,32	75,75	
9	0,08	1,44	100,22	25	0,07	1,11	59,29		
Юго-вост. борт, -35 м	10	0,04	0,86	55,80	26	0,08	1,21	66,27	
Южн. борт, +130 м	11	0,06	1,21	71,83	27	0,20	2,76	207,65	Западн. борт, +70 ÷ +55 м.
Западный борт, +160 ÷ +145 м	12	0,05	1,22	94,14	28	0,07	0,90	42,72	Южный борт, Горизонт +155 ÷ -20 м
	13	0,04	0,60	32,07	29	0,21	2,21	105,85	
	14	0,05	1,02	67,57	30	0,05	1,05	66,81	
	15	0,03	1,02	51,26	31	0,04	1,66	126,73	
16	0,03	0,76	51,58	32	0,05	2,18	196,93		
					33	0,09	1,64	105,16	Дно карьера гор. -155 м

Таблица 3

Векторные значения вибропараметров по измерениям второго сезон

Наим. борта, абс. отг.	№ ПН	$S_{\sigma_{xyz}}$, МК М	$B_{\sigma_{xyz}}$, МК М/с	$A_{\sigma_{xyz}}$, МК М/с ²	№ ПН	$S_{\sigma_{xyz}}$, МК М	$B_{\sigma_{xyz}}$, МК М/с	$A_{\sigma_{xyz}}$, МК М/с ²	Наим. борта, абс. отг.
Южный борт, +115 ÷ +70 м	1а	0,18	6,82	213,4	17а	0,04	1,01	48,7	Северн. борт, гор. +160 м
	2а	0,08	2,45	84,5	18а	0,05	1,87	107,8	
	3а	0,04	1,09	50,3	19а	0,09	2,76	130,3	Зап. борт, +70 м
Вост. борт, -35 м	4а	0,27	4,78	174,9	20а	0,08	3,47	102,9	Северн. борт, горизонт +70 м
Северный борт, горизонт -35 м	5а	0,05	1,59	73,4	21а	0,11	2,54	111,1	
	6а	0,06	2,32	113,5	22а	0,09	4,28	132,0	
	7а	0,07	4,34	218,8	23а	0,08	3,15	114,7	
	8а	0,07	3,28	143,1	24а	0,07	3,75	182,9	
9а	0,05	2,41	156,6	25а	0,08	2,02	74,5		
Юго-вост. борт, -35 м	10а	0,39	14,98	508,7	26а	0,07	2,65	93,3	Западн. борт, +70 ÷ +55 м
Южн. борт, +130 м	11а	0,06	2,03	72,3	27а	0,41	2,12	389,9	
Западный борт, +160 ÷ +145 м	12а	0,08	2,46	71,5	28а	0,30	20,61	175,9	Южный борт, горизонт +155 ÷ -20 м
	13а	0,04	1,41	52,8	29а	0,18	12,38	130,5	
	14а	0,07	1,78	71,1	30а	0,05	10,57	189,2	
	15а	0,04	1,34	49,7	31а	0,03	14,09	490,3	
	16а	0,04	1,44	81,2	32а	0,02	0,93	40,9	

служить дополнительным фактором, влияющим на величину и распределение естественных напряжений и привести к нарушению прочностных свойств массива.

Анализ полученных результатов вибрационного воздействия горного и транспортного оборудования позволил установить, что наиболее подвержены вибрационным нагрузкам в регистрируемые периоды времени были южный и западный борта карьера, во второй серии – Юго-восточный борт [4].

Для самых общих оценок можно воспользоваться эмпирической связью между максимальным ускорением колебаний, их длительностью и сейсмическим эффектом. Согласно этим данным увеличение длительности колебаний в n раз эквивалентно изменению сейсмического эффекта в раз [5]. Если воспользоваться этой, весьма приближительной для наших условий оценкой,

то получается, что рассматриваемые длительные вибрационные воздействия примерно эквивалентны 2–3-балльным землетрясениям обычной продолжительности. Этот вывод, не претендующий на точность, тем не менее, показывает, что наблюдаемые динамические нагрузки, хотя и не способны вызвать мгновенные деформации, также могут быть одной из причин ведущих к катастрофическим последствиям и поэтому заслуживают самого тщательного изучения.

Таким образом, разработанная система мониторинга на карьере тр. «Удачная» позволяет осуществлять систематический контроль за значительной группой различных факторов, оказывающих определяющее значение на безопасность при ведении горных работ. По системе мониторинга, в отдельных случаях, можно прогнозировать и оперативно влиять на реально создающуюся неблагоприятную ситуацию на карьере.

1. Шмырко А.Н., Александров И.Н., Шубин Г.В. и др. Разработка системы мониторинга для безопасного ведения горных работ в условиях карьера «Удачный» // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 3 – С. 251–259.

2. Клюев В.В. Приборы и системы для измерения вибраций, шума и удара. Справочник в 2 томах. Т. 1. – М.: Машиностроение, 1978. – 447 с.

3. Черных Е.Н., Павленов В.А., Александров И.Н. Оценка устойчивости бортов карьера трубки «Удачная» / Материалы Между-

народной конференции 6–9 октября 2003 г. «Геодинамика и напряженное состояние недр земли». – Новосибирск, 2003. – С. 308–312.

4. Александров И.Н., Шмырко А.Н., Шубин Г.В., Кирюшин Д.И. Создание безопасных условий отработки сверхглубоких карьеров Якутии (на примере доработки карьера трубки «Удачная»). – Новосибирск: Наука, 2005. – 180 с.

5. Штейнберг В.В. и др. Методы оценки сейсмических воздействий // Вопросы инженерной сейсмологии. – 1993. – Вып. 34. – С. 5–94. **ИДБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Черных Евгений Николаевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт Земной Кору, г. Иркутск,

Шубин Григорий Владимирович¹ – кандидат технических наук, зав. кафедрой,

Заровняев Борис Николаевич¹ – доктор технических наук, директор,

¹ Горный институт СВФУ.

UDC 622.221

ABOUT USE OF SCRAPER ON ALLUVIAL DEPOSITS

Chernih E.N., Candidate of Technical Sciences, Senior Research, Institute of Earth Crust, 664033, Irkutsk, Russia,

Shubin G.V.¹, Candidate of Technical Sciences, Head of Department,

Zarovnyaev B.N.¹, Doctor of Technical Sciences, Director,

¹ Mining Institute, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, 678015, Yakutsk, Russia.

To evaluate the effect of vibration effects on various types of mining transport equipment to an array of benches and berms pit walls «Lucky» for two seasons, a complex in-situ measurements using digital engineering seismic station «Baikal-1» and «Baikal-12».

Key words: An array of pit walls, engineering seismic station «Baikal-1» and «Baikal-12» vibration exposure, mining equipment, velocity, vibration displacement, vibration acceleration, the usual duration of the earthquake.

REFERENCES

1. Shmyrko A.N., Aleksandrov I.N., Shubin G.V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2004, no 3, pp. 251–259.

2. Klyuev V.V. *Pribory i sistemy dlya izmereniya vibratsiy, shuma i udara*. Spravochnik v 2 tomakh, T. 1 (Instruments and systems for measuring vibrations, noise and impact. Reference book in two volumes, vol. 1), Moscow, Mashinostroenie, 1978, 447 p.

3. Chernykh E.N., Pavlenov V.A., Aleksandrov I.N. *Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii «Geodina-mika i napryazhennoe sostoyanie neдр zemli», 6–9 oktyabrya 2003 g.* (Proceedings of International Conference on Geodynamics and Stress State of the Earth's Interior, 6–9 October 2003), Novosibirsk, 2003, pp. 308–312.

4. Aleksandrov I.N., Shmyrko A.N., Shubin G.V., Kiryushin D.I. *Sozdanie bezopasnykh usloviy otrabotki sverkhglubokikh kar'eroв Yakutii (na primere dorabotki kar'era trubki «Udachnaya»)* (Creation of safe mining conditions in super deep open pit mines in Yakutia (in terms of Udachnaya pipe development)), Novosibirsk, Nauka, 2005, 180 p.

5. Shteynberg V.V. *Voprosy inzhenernoy seysmologii*. 1993, issue 34, pp. 5–94.