

УДК 622.271

Г.И. Кулаков

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОНОВОГО
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ
КАРЬЕРОВ ПО ДОБЫЧЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

Рассмотрено фоновое электромагнитное излучение массива горных пород по площади карьеров по добыче строительных материалов, в бортах карьеров, и в отвалах отбитых массовыми взрывами горных породах.

Ключевые слова: контроль и прогноз камнепадов, карьер, электромагнитное излучение, строительный камень, массовые взрывы.

В течение ряда лет Институт горного дела СО РАН проводит исследования электромагнитных полей на горных предприятиях Западно-Сибирского региона, в частности, на карьерах по добыче строительных материалов в Новосибирской области. В пределах Искитимского района в течение многих десятилетий ведется добыча известняка открытым способом для крупнейшего в Сибири Искитимского цементного завода. На ряде карьеров ОАО «Искитиммраморгранит Н» ведется добыча товарного мрамора, идущего на изготовление мраморной плитки, широко используемой для облицовки подземных станций и переходов Новосибирского метро, административных зданий, и других объектов города.

На юго-восточной окраине г. Новосибирска на левом и правом берегах реки Иня расположен карьер «Борок». В настоящее время река отведена за пределы месторождения. Карьер ведет добычу природного камня, используемого строительными предприятиями города при сооружении фундаментов промышленных и

жилых зданий. На двух участках карьера добывается гранодиорит, коэффициент крепости $f = 16$. Отбойка буровзрывная, диаметр скважин 220 мм, сетка скважин 5,0x5,0, глубина 12 м. Буровой станок 4.5 СБШ-220. Имеется буровой станок СБУ-100. Удельный расход ВВ 1,02 кг/м³, выход негабарита 10 % при допустимом линейном размере 0,7 м. При взрывных работах используется тротилосодержащий граммонит 79/21. Использование взрывчатых смесей простейшего состава (гранулит УП-1, игданит) при сохранении сетки скважин приводит к повышению выхода негабарита [1]. При погрузке используется экскаватор ЭКГ-5. Эксперименты по исследованию ЭМИ проводились в летний период с 2005 по 2008 гг. Исследовалось ЭМИ при камнепадах с бортов в карьере [2—5].

Карьер поставяет строительным организациям, ведущим дорожное строительство в городе и области, дробленый камень, отсев, песок. Ежедневно у въезда на территорию карьера строят вереницы самосвалов различных марок, включая импортные из КНР, за продукцией этого пред-

приятия. Журналисты города более 10 лет назад вели разговоры о вынесении карьера по добыче строительного камня в отдаленные районы области. Однако высокое качество камня, относительно низкая стоимость, низкие транспортные расходы в пределах города и огромные запасы камня при высоких потребностях города в строительном камне, не позволили руководству области прислушаться к мнению журналистов.

Карьер «Ложок». Расположен в 10 км от поселка «Ложок» в Искитимском районе, ведет добычу известняка. Коэффициент крепости камня $f = 10$. Отбойка буровзрывная. Выемка ведется слоями. Высота уступа 10—12 м. Скважины диаметром 220 мм и глубиной до 18 м бурятся вдоль кромки рабочего уступа. Сетка скважин 6,0х6,0 [1]. Одновременно при технологических массовых взрывах расходуется до 12 т ВВ. Используется тротилсодержащий граммонт 79/21. Удельный расход ВВ 0,8 кг/м³. Отбойка известняка производится один раз в 2-3 недели. Транспортировка отбитого известняка осуществляется самосвалами. На погрузке задействован один погрузчик на базе трактора «Беларусь».

Исследования электромагнитного излучения (ЭМИ) и электромагнитных полей в пределах карьеров «Борок» и «Ложок» велось с использованием приборов ИЭМИ-1 и скважинного зонда ЗЭМИ-1, разработанных в ИГД СО РАН (в первом случае с участием НГТУ).

Зонд ЗЭМИ-1 состоит из диэлектрической штанги, на удаленном конце которой установлен первичный преобразователь ЭМИ, корпус которого выполнен в виде трубки из

диэлектрического материала, диаметр 40 мм, длина 200 мм. В корпусе размещена приемная дифференциальная антенна (электрическая или магнитная). На противоположном конце диэлектрической штанги закреплен регистратор ЭМИ типа РЭМИ-2, разработанный в ИГД СО РАН совместно со специалистами НГТУ. Прибор РЭМИ-2, установленный в скважинном зонде ЗЭМИ-1, модернизирован. Магнитная антенна, размещаемая в его пластиковом корпусе, удалена. Вместо нее подключена к электрической схеме прибора с помощью экранированного кабеля антенна, установленная в первичном преобразователе зонда. В целом электрическая схема рассматриваемого зонда имеет три канала регистрации: канал цифровой индексации напряженности регистрируемого электромагнитного поля в скважине, выполненный в виде жидкокристаллического табло, канал звуковой сигнализации и канал световой сигнализации. Два последних канала срабатывают, если уровень напряженности регистрируемого поля превышает заданную величину. Электрическая схема и габариты прибора ИЭМИ-1 аналогичны прибору РЭМИ-2. Масса прибора 0,25 кг, габариты 150х75х30 мм, напряжение питания 9В, рабочий диапазон частот (0,01÷70)10³ Гц.

Исследования электромагнитного излучения в карьере «Ложок». Натурные эксперименты по регистрации ЭМИ выполнялись с 2006 по 2009 г. и проводились летом, осенью и зимой. При экспериментах фиксировались показания приборов в относительных единицах шкалы приборов, пропорциональные напряженности электромагнитного поля в месте измерения в В/м

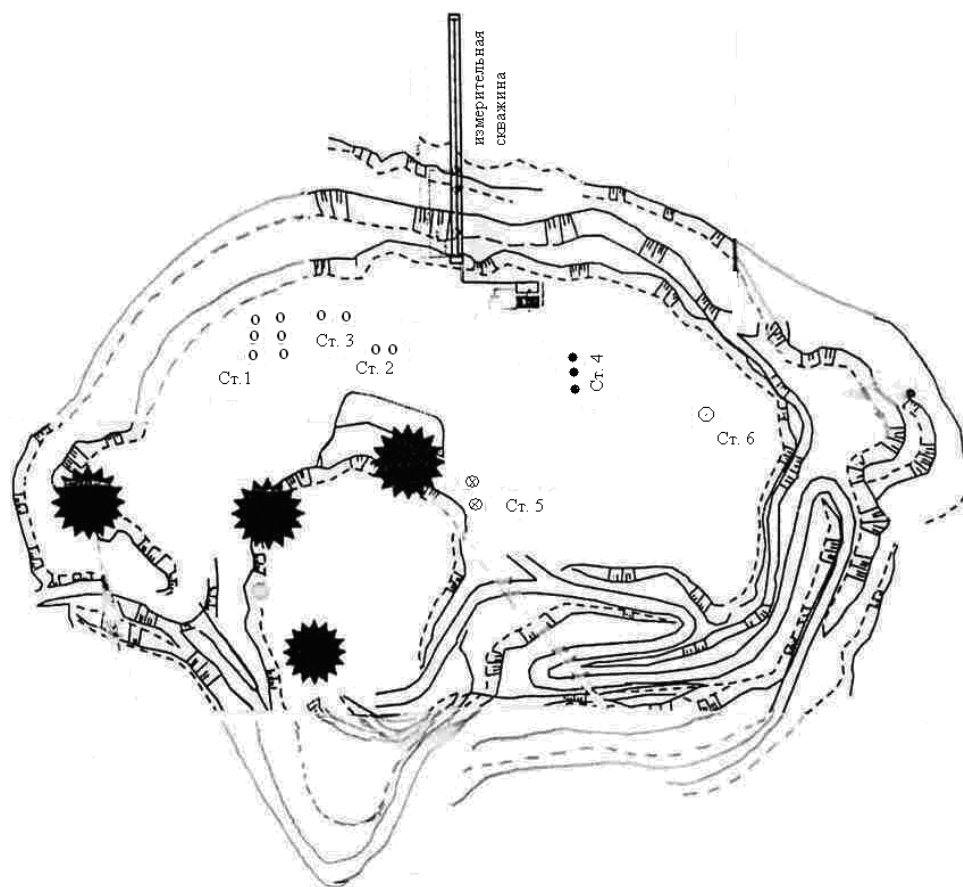


Рис. 1. Схема экспериментов по измерениям электромагнитного излучения в карьере в период с июля 2006 г. по апрель 2009 г. Показаны: план с указанием мест взрывных работ, расположение замерных станций по измерению ЭМИ:

- ⊗ — измерение ЭМИ в зоне отбитой породы;
- — измерение ЭМИ прибором ИЭМИ-1;
- — измерение ЭМИ зондом ЗЭМИ-1;
- ⊙ — измерение ЭМИ в отбитом блоке 1,8 м³, прибор ИЭМИ-1.

при электрической антенне, в амп/с² при магнитной антенне.

На рис. 1 приведена схема карьера с указанием мест проведения измерений ЭМИ. Четыре большие звезды на схеме — участки отбойки известняка массовыми технологически взрывами.

В табл. 1 приведены результаты измерения ЭМИ: на замерных станциях 1—3, измерительное устройство — прибор ИЭМИ-1. В табл. 2 результаты измерений ЭМИ на замерной станции 4 — прибор ЗЭМИ-1; на замерных станциях 5 и 6 — прибор ИЭМИ-1.

Таблица 1

Интенсивность ЭМИ на замерных станциях 1—3. Прибор ИЭМИ-1

Замерная станция	Показания прибора, отн.ед.	$n_{\text{ср.}}$, отн.ед.	Замерная станция	Показания прибора, отн.ед.	$n_{\text{ср.}}$, отн.ед.	
Ст. 1	85, 87, 89, 90, 89	88,0	Ст. 2	88, 89, 89, 91, 91	89,6	
	86, 87, 86, 85, 87	86,2		87, 87, 89, 90, 91	88,8	
	87, 87, 86, 87, 86	86,6		Ст. 3	89,89, 88, 90, 91 89, 90, 89, 91, 92	89,4 90,2
	88, 89, 88, 89, 90	86,8				
	86, 87, 89, 88, 90	86,0				
87, 88, 88, 90, 89	88,4					

Таблица 2

Интенсивность ЭМИ на замерной станции № 4, прибор ЗЭМИ-1; на замерных станциях № 5 и № 6, прибор ИЭМИ-1

Замерная станция	Показания прибора, отн.ед.	$n_{\text{ср.}}$, отн.ед.	Замерная станция	Показания прибора, отн.ед.	$n_{\text{ср.}}$, отн.ед.
Ст. 4	108, 121, 146,	137,2	Ст. 5	71, 76, 79, 72,	75,4
	150, 161	167,8		79	72,2
	160, 158, 167,	181,6	Ст. 6	73, 75, 78, 79,	12,6
	171, 183			81	
172, 175, 182,			11, 13, 13, 13,		
187, 192			14		

На измерительной станции 1 замеры проведены в шести точках, расположенных на расстоянии 3—5 м друг от друга. Интенсивность ЭМИ здесь колеблется от 86,0 отн.ед. до 88,4 отн.ед. Эти колебания обусловлены тем, что прочность и трещиноватость пород в каждой точке несколько различаются. Различаются и напряжения в них.

Вообще, следует отметить. С той или иной интенсивностью электромагнитное излучение фиксируется на любых поверхностях породных массивов. Оно фиксируется по всей площади карьера, в бортах карьера и на земной поверхности вокруг карьера. Но вблизи расположенных точек его интенсивность разная.

Формируется ЭМИ в процессе трещинообразования пород. Каждая формирующаяся микротрещина излучает электромагнитный импульс, частота которого определяется видом материала и его параметрами, ампли-

туда импульса ЭМИ определяется длиной сформировавшейся микротрещины или трещин [3].

Многолетний опыт исследования ЭМИ в подземных горных выработках и на земной поверхности показывает, что электромагнитное излучение массивов горных пород и земной поверхности наблюдается постоянно и непрерывно и в этом плане является их фундаментальной закономерностью, свойством. Поскольку названные среды находятся под непрерывным действием гравитационных сил, то процессы микротрещинообразования идут непрерывно в них и непрерывно формируется электромагнитный фон земной поверхности и любых свободных поверхностей в пределах земной коры.

Вернемся к рис. 1 и табл. 1. На замерных станциях 2 и 3 приведено по 10 замеров в двух замерных точках, расположенных практически рядом. Однако, усредненные отсчеты по ним различны. На замерной станции

4 измерения выполнены в трех точках, но усредненные отсчеты существенно различаются.

Замерная станция 5 располагалась вблизи отвала отбитой горной породы [6], замеры выполнены через 2 часа после массового взрыва. Интенсивность ЭМИ постепенно снижается, но регистрируется и через сутки.

Наконец, в качестве шестой замерной станции была принята глыба отбитого известняка размером 1,8x0,9x1,1 м. Прибор ИЭМИ-1 фиксировал наличие электромагнитного излучения пониженной интенсивности. Возможно, это отражение температурных процессов в большом куске породы. Но, возможно и влияние общего электромагнитного фона карьера.

Отмечено влияние времени года, наблюдается влияние погодных условий (дождь, пасмурная погода, солнечная).

Поскольку ЭМИ пропорционально механическим напряжениям в породе, то по его интенсивности можно судить о напряженном состоянии массива в различных участках карьера. В частности по параметрам ЭМИ можно контролировать устойчивость бортов карьера, судить об устойчивости его отдельных уступов.

Поскольку ЭМИ пропорционально механическим напряжениям в деформируемой породе, то по его интенсивности можно судить о напряженном состоянии массива в различных участках карьера. В частности, различия в замерах ЭМИ в различных точках замерных станций 1—4 связаны с распределением напряжений в почве уступов, обусловленных массовой взрывной отбойкой. Регистрация фонового ЭМИ в отдельных участках карьера позволяет контролировать устойчивость бортов карьеров, судить об устойчивости отдельных уступов,

по нарастанию интенсивности ЭМИ на отдельных участках прогнозировать опасность падения отдельных глыб породы, камнепады.

Обычно используемые меры по снижению затрат на вскрышные работы за счет более крутых углов откосов карьера неизбежно влекут за собой негативные последствия в виде обрушений кусков горной породы с верхних горизонтов, а в ряде случаев и нарушение устойчивости борта [7]. Решение такой проблемы возможно за счет прогноза камнепадов, что возможно при регулярном или периодическом контроле фонового ЭМИ на этих участках, что позволит повысить устойчивость технологического процесса.

Интерес к проблеме защиты от камнепадов, как отмечает А.Н. Каюмова [7], испытывают не только горнодобывающие предприятия, но и другие отрасли народного хозяйства. Например: строительство и эксплуатация железнодорожных путей, строительство и эксплуатация автомагистральных дорог, строительство зданий и сооружений в гористой местности и другие отрасли, где наблюдается возможность срыва как небольших, так и значительных по объему масс горных пород, а иногда и представляющих непосредственную угрозу для жизни и здоровья работающих.

Исследования движения отдельного куска породы [7] показали: по откосу вначале он скользит, дальше появляются поступательные движения (по параболе), разделенные отскоками при ударе куска породы об откос или горизонтальную площадку. Дальность отскоков камней достигает 30—50 м. Перелетая на нижние горизонты такие камни представляют опасность для людей и оборудования.

Изучение камнепадов ведется путем физического моделирования, проведения промышленных экспериментов, на основе компьютерного

моделирования, теоретических исследований на основе законов кинетики, механики и учета энергии [7].

В качестве решения проблемы борьбы с камнепадом на горных предприятиях, ведущих отработку открытым способом, создают на горизонтальных площадках (бермах) предохранительные валы высотой 0,5 м или 2,0 м.

На основе выполненных исследований на карьерах строительных материалов по регистрации их фонового электромагнитного излучения можно сделать следующие выводы.

Отмечено влияние на интенсивность ЭМИ времен года.

По параметрам фонового ЭМИ можно контролировать устойчивость бортов карьеров, устойчивость отдельных уступов и их берм.

Рекомендуется включать в технологический процесс при открытых горных работах контроль фонового ЭМИ в целях снижения рисков и повышения безопасности горных работ.

Введение регистрации ЭМИ в технологический процесс горного производства на открытых работах позволит прогнозировать устойчивость бортов, уступов, берм; отслеживать развитие оползневых процессов, организовать контроль за обрушением как крупных блоков, так и отдельных кусков горных пород и камнепадов. Все эти вопросы требуют дополнительного изучения, особенно в натуральных условиях. Метод ЭМИ здесь может стать идеальным помощником.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гришин А.И. Совершенствование технологии проведения массовых взрывов на каменных карьерах строительных материалов. / А.И. Гришин. Автореф. канд. дисс. // Новосибирск. — 2009. — 22 с.
2. Федянин А.С. Уточнение конструктивных параметров борта глубокого карьера на основе геофизических методов наблюдений // Горный информационно-аналитический бюллетень. — № 9. — 2004. Изд-во МГГУ. — Москва. — С. 99—103.
3. Курленя М.В. Регистрация и обработка сигналов электромагнитного излучения горных пород. / Отв.ред. д.т.н., проф. О.Н. Чернов / М.В. Курленя, А.Г. Вострецов, Г.И. Кулаков, Г.Е. Яковичкая // Новосибирск, Изд-во СО РАН. — 2000. — 232 с.
4. Курленя М.В., Опарин В.Н. Скважинные геофизические методы диагностики и контроля напряженно-деформированного состояния массивов горных пород. / М.В. Курленя, В.Н. Опарин // — Новосибирск: Наука. — 1999. — 335 с.
5. Яковичкая Г.Е. Методы и технические средства диагностики критических состояний горных пород на основе электромагнитной эмиссии / Отв.ред. чл.-корр. РАН В.Н. Опарин // Новосибирск, Параллель, 2008. — 315 с.
6. Матвеев И.Ф., Шевелев Ю.А. Использование влияния массовых взрывов на изменение динамической обстановки на Таштагольском месторождении / И.Ф. Матвеев, Ю.А. Шевелев // Проблемы подземной разработки полезных ископаемых: сб. науч. тр. / Кузбасский государственный технический университет. — Кемерово, 1996. — С. 70—77.
7. Каюмова А.Н. Прогноз исследований камнепада в карьерах / А.Н. Каюмова // Горный информационно-аналитический бюллетень, изд. МГГУ. — М. — 2004. — С. 257—261. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Кулаков Г.И. — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт горного дела СО РАН, e-mail: admin@misd.nsc.ru.