

Электромагнитные источники сейсмических колебаний ряда «Енисей СЭМ, КЭМ»

Смирнов В.П., ОАО «Енисейгеофизика», г. Минусинск

Электромагнитные импульсные источники сейсмических колебаний ряда «Енисей СЭМ, КЭМ» (санные, колесные) нашли широкое применение на площадях с самыми разными сейсмогеологическими условиями Красноярского края при сейсморазведочных работах 2D, 3D, ВСП. За последние три-четыре года невзрывные источники ряда «Енисей-СЭМ, КЭМ» применялись в различных районах Прикаспийской впадины, Западной Сибири, Саратовского Поволжья.

Источники данного типа созданы на основе НИР, ОКР, опытно-методических и производственных работ в ОАО (ПГО) «Енисейгеофизика» в 1987-2002 г.г. при участии и финансовой поддержке ОАО «Хантымансийскгеофизика» в период с 1998-2002 г.г.

Основным силовым элементом источников сейсмических колебаний ряда «Енисей» является электромагнит. Якорь электромагнита через элементы конструкции опирается на жесткую плиту, установленную на грунт, - излучатель сейсмических колебаний. Индуктор электромагнита закреплен на пригрузе, имеющем возможность перемещения по вертикали между опорной плитой якоря (излучателем) и якорем. Конструктивно излучатель может быть оформлен как элемент санного полоза (днище полоза) санный электромагнитный источник (СЭМ) или как элемент шахты, (опорная плита каркаса шахты) колесный электромагнитный источник (КЭМ). В первом случае электромагнит и пригруз расположены внутри санного полоза (Ивашин В.В.), во - втором внутри шахты, которая навешена на транспортное средство, в частности на шасси «УРАЛ4320».

В несущем санном полозе или на шасси автомобиля можно разместить один или два, два или четыре силовых элемента.

Обмотка возбуждения индуктора электромагнита через тиристор присоединена к батарее конденсаторов, питаемой через зарядное устройство от автономного источника электроэнергии, например от синхронного генератора, установленного на валу отбора мощности коробки передач трактора или автомобиля. По заявке «Заказчика» может быть поставлено зарядное устройство, питаемое от аккумулятора (12 В). Номинальное напряжение на конденсаторной батарее может составлять от 200 до 1000 В.

Между якорем и индуктором электромагнита имеется зазор порядка 3-10 мм, конкретная величина которого обосновывается расчетами с вводом ряда упрощений или выбирается экспериментально для конкретных сейсмологических условий и грунтов (под излучателями).

Работает электромагнитный источник следующим образом. По команде от сейсмостанции через систему управления и синхронизации (ССВ или SGS) открывается тиристор в цепи конденсаторной батареи обмоток возбуждения индуктора.

При прохождении через обмотки возбуждения импульса тока длительностью 2-3 миллисекунды, с максимальными значениями до 5-10

килоампер между якорем и индуктором действует электромагнитная сила. Под действием электромагнитной силы пригруз источника начинает движение с нарастающим ускорением, достигающим через 2-3 миллисекунды величины в 10-40 g (рис. 1).

Встречное относительно индуктора движение якоря имеет более сложный характер (рис. 1), так как он опирается на плиту излучателя, а последняя на грунт.

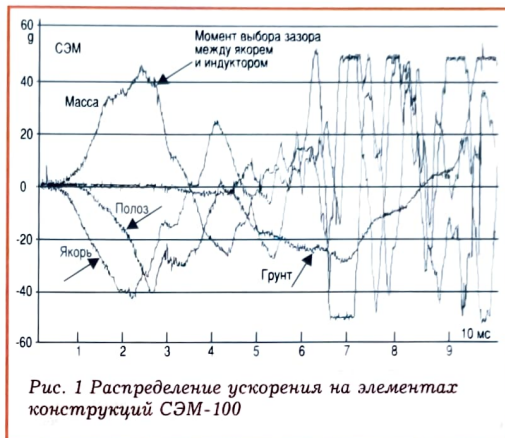


Рис. 1 Распределение ускорения на элементах конструкций СЭМ-100

Реакция грунта на давление плиты излучателя с очевидностью будет запаздывать и характеризоваться большей длительностью (рис. 1).

Как только в результате встречного движения якорь и индуктор выберут зазор между собой, движущейся вверх с ускорением пригруз (и индуктор) снимет якорь с опор, через которые он давил на плиту излучателя, и все они вместе под действием накопленной кинетической энергии пригруза будут перемещаться вверх в поле силы тяжести с начальной скоростью в момент (время 2,8 миллисекунды на рис. 1) полного выбора зазора. Следует заметить, что с этого момента, несмотря на движение пригруза с максимальной величиной ускорения, силовое воздействие излучателя на грунт прекращается.

Следствием обратного (вниз) движения пригруза, в т.ч. якоря и индуктора, будет ударный импульс при возврате в исходное положение, который необходимо ослабить демпферами. Штоки демпферов следуют за пригрузом при его движении вверх; при достижении пригрузом максимальной высоты подъема, в момент, когда скорость его движения равна нулю, они (штоки) подхватывают пригруз и медленно, 2-3 секунды, опускают пригруз в исходное положение. С этого момента источник готов к следующему воздействию на грунт.

Импульсный невзрывной сейсмоисточник с электромагнитным приводом и его основные узлы:

- импульсный электромагнитный привод невзрывного сейсмоисточника;
- силовой электромагнит импульсного невзрывного источника;
- сани излучатель невзрывного сейсмоисточ-

ИСТОЧНИКИ ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ



Таблица 1 Параметры электромагнитных источников ряда "Енисей"

	СЭМ-100	СЭМ-100М	СЭМ-50	СЭМ-20	КЭМ-4 КЭМ-4 (посл.)	КЭМ-2	КЭМ-4 (кругл.)
Расчетная сила воздействия электромагнитов на пригрузы модели (тонна/сила)	100	100	50	20	100	50	100
Количество излучателей, шт.	2	2	2	1	4	2	2
Площадь плиты излучателя, м ²	1,05	1,04	0,84	0,66	0,5	0,51	0,47
Реактивная масса (пригруз) (кг)	2526	2556	1270	800	1020 1210	1040	1260
Активная масса излучателя (плита), кг	1153	1070	710	490	580	660	380
Коэффициент соотношения реактивной и активной масс	2,14	2,39	1,8	1,63	$\frac{1,76}{2,09}$	1,58	3,32
Вес источника без транспортной базы (и без блока питания для СЭМов), кг	7600	7580	4600	1500	$\frac{9400}{10200}$	6200	9600
Удельное давление на грунт при транспортировке, кг/см ²	0,362	0,364	0,274	0,227	-	-	-

ника защищены патентами на изобретение за №№ 2171478, 2172496, 2172497, 2172498 от 23.02.2000 г. Патентообладателем является ЗАО "Континентальная геофизическая компания".

В связи с появлением ссылок на свидетельство РФ на полезную модель № 23688 "Электромагнитный источник сейсмических волн" от 28.12.2001 г., автор вынужден отметить, что приведенные существенные признаки, включая характеристику назначения, полезной модели идентичны перечисленным в выше названных патентах на изобретение.

В таблице 1 приведены параметры электромагнитных источников ряда "Енисей", выпускаемых в настоящее время "Геотехноцентром" филиалом ОАО "Енисейгеофизика". Охарактеризованные в таблице 1 невзрывные источники обеспечивают производство работ 2-Д, 3-Д, ВСП в летний и зимний полевой периоды, на суше и на льду водоемов (СЭМ-50, СЭМ-20).

Традиционно принято приводить тротильный эквивалент для той или иной модели невзрывного источника сейсмических колебаний.

Электромагнитный источник не избежал подобных оценок. На нескольких площадях Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты сейсмическая эффективность электромагнитных источников оценивалась относительно взрывов в скважинах, вибраторов. Для примера приводим относительно свежие (2000-2002 гг.) параметры сопоставления различных типов источников возбуждения сейсмических колебаний при регистрации колебаний телеметрическими сейсмостанциями Инпут/Оутпут 2, Серсель 388:

- группирование 3-х источников "Енисей СЭМ-100" с накоплением 5-7 воздействий заряд

тротила 0,4 кг, глубина скважины 9м, 3 вибратора М27 с накоплением 4 воздействий (Западно-Сибирская плита);

- группирование 4-х источников "Енисей СЭМ-100" с накоплением 8-ми воздействий заряд тротила 0,8 кг, глубины скважин 7-10 м (Сибирская платформа, Терско - Камовская площадь, профиль 5).

На уровне исходных сейсмограмм качество полевых материалов с применением взрывов явно выше при очевидной неоднородности поля волн-помех, спектральных характеристик сейсмических записей.

На уровне временных разрезов данные полученные с применением СЭМ-100 идентичны по глубинности исследований, разрешенности сейсмической записи и корреляции целевых горизонтов материалам с взрывной и вибрационной технологиями.

Исходя из выполненных сравнений, тротильный эквивалент одного источника СЭМ-100 в цикле 5-8 воздействий формально определяется величиной 100-200 грамм тротила.

Такой вывод следует определить как ошибочный, так как механизмы формирования упругих деформаций в грунте от взрыва ВВ в скважине и от воздействия электромагнитного источника на границе раздела земля-воздух принципиально различаются. У источника в момент разгона массы пригруза вверх (рис. 1) отсутствует ударная нагрузка на грунт (рис. 1). Первичный силовой импульс якоря на плиту излучателя короткий, его длительность не превышает 2,5 м/сек; деформация грунта фиксируется после 3-х миллисекунд, до 4-ой м/сек проявляется слабо, далее интенсивность деформаций грунта резко возрастает, достигая

максимума на отметке 7,0 м/сек и продолжается далее до 20 м/сек. Т. е. короткий первичный силовой импульс проходит раньше на 3 м/сек, чем начинается взаимодействие источника с грунтом.

Он лишь разгоняет излучатель, который затем в фазе свободных колебаний оказывает силовое воздействие на грунт, совершая вместе с ним колебания в течение 13-20 м/сек.

Как показала практика работ с электромагнитными источниками сила воздействий их излучателей не превышает динамический предел прочности грунтов (излучатели "Енисей КЭМ"), накатанной в снегу тракторной колеи ("Енисей СЭМ"). В том и другом случае следы от плит излучателей (полозьев) отсутствуют.

Сопоставление данных микросейсмокаротажа (рис. 2) с применением вибратора СВ-5-150 (управляющий сигнал 10-90 Гц, длительность 10

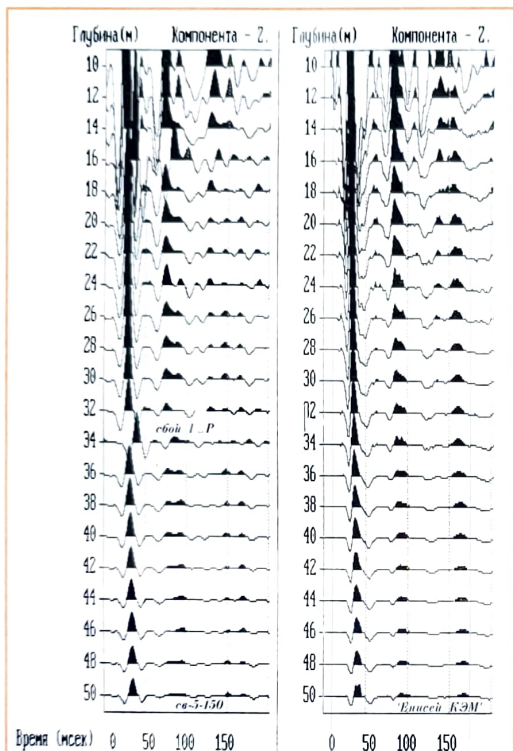


Рис. 2 Сопоставление данных микросейсмокаротажа с применением СВ-5-150 и "Енисей КЭМ-4"

сек.) и "Енисей КЭМ-4" (одиночные воздействия 2-х излучателей на устье скважины) даёт представление о спектральном составе возбуждаемых колебаний. Плиты излучателей СВ-5-150 и КЭМ-4 устанавливались на мерзлый грунт с глубиной промерзания не больше одного метра. Из данных рис. 2 следует, что видимые периоды и центральные частоты спектров колебаний, генерируемых этими источниками практически совпадают. Например, центральные частоты спектров записей (3 сек) для глубины 20 м на уровне 70% находятся в пределах 12-70 Гц (вибратор), 10-70 Гц (КЭМ-4), на уровне 30% - в пределах 8-100 Гц, 8-140 Гц соответственно. Измерения производились аппаратурой АМЦ-ВСП-3-48-М с дискретом записи одна м.сек.

При установке излучателей "Енисей КЭМ" на талые грунты зависимость спектров возбуждаемых колебаний от упругих свойств среды может проявляться в широких пределах

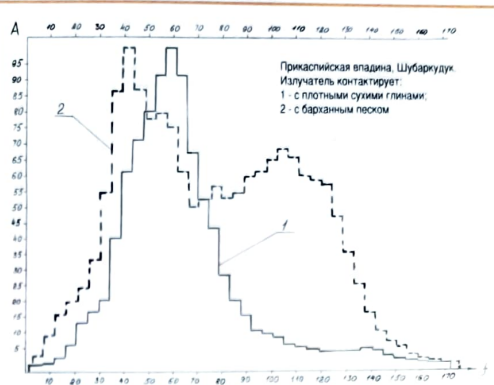


Рис. 3 Диапазон вариаций амплитудно-частотных спектров импульса возбуждения электромагнитного источника сейсмических колебаний "Енисей КЭМ-2" (по Σ 14 трасс).

(рис. 3).

Представление о глубинности сейсмических исследований с применением электромагнитных источников ряда "Енисей" можно получить из рис. 4, на котором представлено исходное волновое поле ВСП для глубин до 3862 м. Полученные материалы свидетельствуют о возможности применения данных источников для исследований по продольным и обменным отраженным волнам в диапазоне глубин до 4-5 км и выше. Из имеющихся материалов 2-Д и 3-Д глубинность исследований с данными источниками можно определить в 9-12 км (данные профилирования МОГТ в граничных зонах между Енисейским краем и Сибирской платформы, съемки 3-Д на Курумбинской площади).

Преимущества невзрывной технологии с

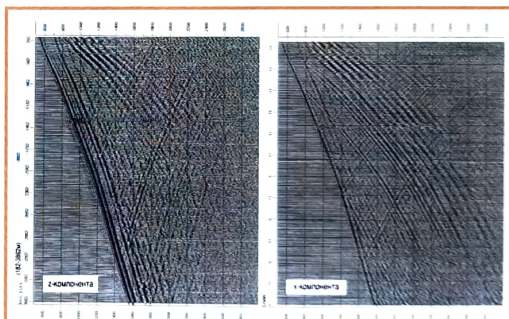


Рис. 4 Исходящее волновое поле ВСП в глубокой скважине. Источник возбуждения "Енисей СЭМ-100", группирование 4-х источников, накопление 5-7 воздействий

применением электромагнитных источников "Енисей КЭМ" наглядно проявляются при изучении сложно - построенных складок Южно - Минусинской межгорной впадины (рис. 5-6). Своды складок проявляются на поверхности выходами коренных скальных пород каменноугольного пермского возраста, осложнены взбросо надвиговыми дислокациями. Попытки бурения здесь взрывных скважин в 70-е годы при производстве профилирования МОВ и КМПВ закончились неудачей.

В результате исследований МОГТ в зимний сезон 2000 - 2001 г.г. с группированием 4-х "Енисей КЭМ-2" и накоплением 8-ми воздействий получены информативные временные разрезы с постоянной краткостью 48 (рис. 5-6). Регистрация сейсмозаписей осуществлялась сеймостанцией

ИСТОЧНИКИ ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ



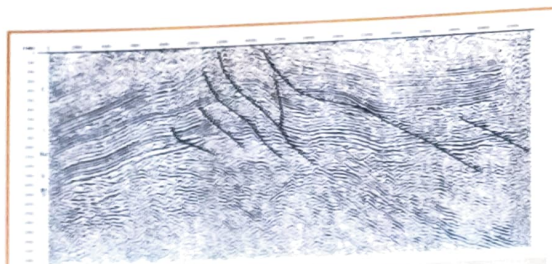


Рис. 5 Предварительный временной разрез на профиле 226, ЮМВ группировки 4-х "Енисей КЭМ-2", сумма 8 воздействий

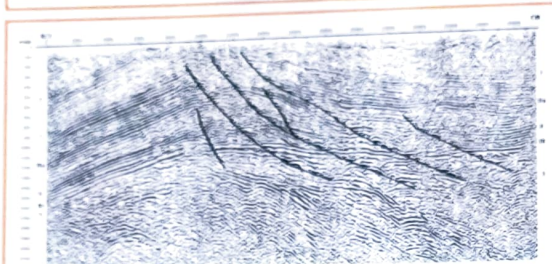


Рис. 6 Предварительный временной разрез на профиле 227, ЮМВ группировки 4-х "Енисей КЭМ-2", сумма 8 воздействий

"Прогресс 96).

Синхронность воздействий излучателей и электромагнитных источников в целом оценивалась по показателям сейсмоприемников в скважинах на глубинах 3-7, 20 м и записям от акселерометров, установленных на пригрузе, якорю, полозе источников. Характерная форма сейсмического импульса падающей волны,

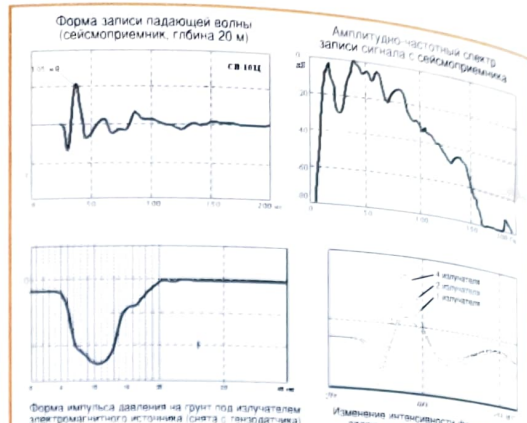


Рис. 7 Характеристика сейсмических импульсов при возбуждении упругих колебаний 1, 2, 4 излучателями "Енисей КЭМ-4"

зарегистрированной от скважинного сейсмоприемника (рис. 7) цифровым осциллографом Tektronix с несущей частотой 20 МГц, позволила с высокой точностью определить несинхронность воздействий меньше 0,1 м/сек. Степень несинхронности и повторяемости воздействий по измерениям ускорений акселерометрами ADXL-150 на элементах конструкции источника иллюстрирует рис. 8. Как следует из приведенных данных, отклонения не превышают 0,08 м/сек для элементов конструкции КЭМ-4.

Выше перечисленные эксплуатационные характеристики и выбор санной транспортной базы для модификаций "Енисей СЭМ" обеспечивают применение и проходимость

НОВАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ РАЗРАБОТКА

ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ СЕЙСМИЧЕСКИЙ ВИБРАТОР СВ-120/250ВИ

Предназначен для возбуждения сейсмических колебаний при сейсморазведочных работах на нефть, газ и рудные ископаемые



Цель разработки - повышение сейсмогеологической эффективности работы геологоразведочных комплексов, т. е. повышение глубинности прохождения сейсмических сигналов и точности отображения горизонтов геологических сред (слоев) в "разрезах". Указанная цель достигается за счет:

- повышения мощности возмущающего силового вибрационного воздействия на поверхность грунта;
- расширения частотного диапазона вибратора;
- наличия в системе управления широкого спектра законов сканирования частоты вибраций (линейные, степенные, логарифмические);
- снижения уровня нелинейных искажений;
- оснащения высокоэффективной системы импульсных сигналов (воздействий), обеспечивающей исследование зоны малых скоростей (на глубинах 20...50 м);
- наличия системы оперативного контроля технического состояния каждого сеймовибратора.

Основные параметры возбуждения:
максимальное толкающее усилие
диапазон частот вибрации
статическая нагрузка на грунт
пиковое значение импульсного воздействия

12т.с.
5...250Гц
13т.с.
12т.с.

Приведенные параметры подтверждены результатами эксплуатации сейсмической партии в Саратовской геофизической экспедиции.
Поставщик производит ввод сеймовибраторов в эксплуатацию, гарантийное и послегарантийное обслуживание.

Наши реквизиты:

РОССИЯ, 352913, г. Армавир, Краснодарского края,
Промзона, Точмашприбор, НИКСИМ
Тел. (86137) 6-76-43, 6-83-24; факс: (86137) 6-74-63, 7-85-78
Http://www.niktsim.ru, e-mail: info@niktsim.ru

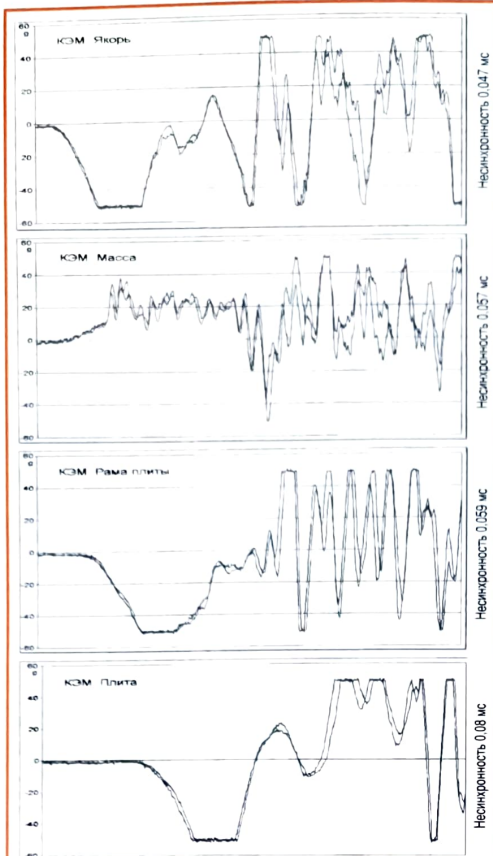


Рис. 8 Оценка несинхронности КЭМ-4 при управлении источником по радиоканалу: запись в окне 10 мсек

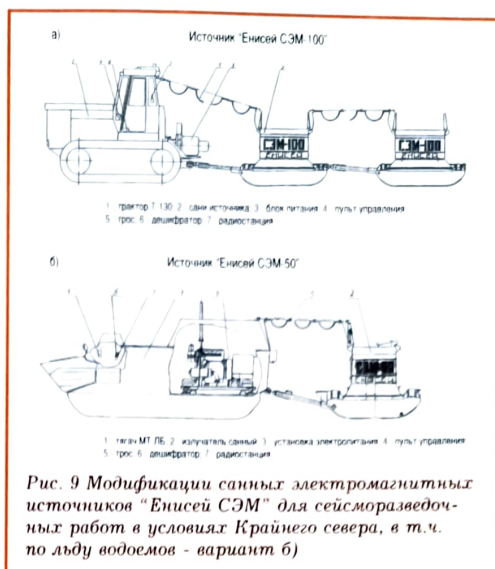


Рис. 9 Модификации санных электромагнитных источников "Енисей СЭМ" для сейсморазведочных работ в условиях Крайнего севера, в т.ч. по льду водоемов - вариант б)

ОАО "Енисейгеофизика". Данная система будет включать в себя функции тестирования каждого излучателя и источника в целом, группы источников.

Разработанная методика тестирования (ноу-хау) обеспечивает ежемесячную, декадную проверку идентичности электромагнитных источников в группе. В процессе проверки идентичности источников возбуждения будут получены данные для подбора параметров напряжения заряда конденсаторной батареи, зазора между якорем и индуктором под конкретные поверхностные сейсмогеологические условия (лёд, болото, рыхлые сухие грунты и т.д.).

В заключении следует подчеркнуть экологическую безопасность электромагнитных источников сейсмических колебаний. Структура грунтов, растительность под излучателями практически сохраняется в естественном состоянии.

Применение в качестве источников электроэнергии для зарядного устройства "сухих" экологически чистых аккумуляторов обеспечивает электробезопасность и экологическую чистоту при возбуждении упругих колебаний в пределах водоёмов, в шахтах. В последнем варианте комплектации источников полностью исключается выброс в атмосферу продуктов сгорания, разлив на сушу и водоемы ГСМ, кислот или щелочей в процессе возбуждения колебаний.

Необходимо отметить, что с переходом к рыночным отношениям, у "Заказчика" на проведение сейсморазведочных работ проявилось негативное отношение к невзрывной технологии. А если "Заказчик" и соглашается на применение невзрывных источников, то это обстоятельство используется им для того, чтобы сбить цену за фазнаблюдение (пог. км) 2-Д или 3-Д.

Наглядная и убедительная реклама возможностей невзрывной технологии ограничивается введенным понятием "коммерческая тайна".

Обязательства по решению данных проблемных вопросов должны были бы взять на себя ряд министерств РФ и в первую очередь МПР РФ.

электромагнитных источников в зимний период на любой площади Крайнего Севера (рис. 9). Источники на шасси "УРАЛ 4320" могут применяться как в летний так и в зимний периоды в диапазоне климатических условий от южных пустынь и полупустынь до лесотундры.

Особо следует оговорить, что в отличие от других типов невзрывных источников сейсмических колебаний на электромагнитных источниках можно обеспечить дистанционный контроль за эксплуатационными характеристиками в процессе отработки каждого воздействия с регистрацией ускорений на элементах конструкции и плите излучателя; расчет формы импульсного воздействия прикладываемого к грунту; диагностику неисправностей и оценку состояния источника (величины зазора, емкости конденсаторной батареи и пр.). Всю эту информацию можно будет довести в сжатом виде до оператора сейсмостанции в реальном времени для текущего контроля за качеством работы источников в группе или принятия им решения о внесении изменений в технологию работ по возбуждению колебаний. Подробная информация может заноситься в память блока управления на источнике.

Макет подобной системы контроля по сигналам, снимаемым с датчиков ускорений на пригрузе и якорю, токового шунта в цепи конденсатор тиристор успешно был испытан в декабре 2002 г. на базе "Геотехноцентра" (г. Минусинск). В I-II кварталах 2003 г. должен быть изготовлен и испытан головной образец этой системы. Образец изготавливается по заказу

ИСТОЧНИКИ ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ