

Технология изучения строения ВЧР с новым электроимпульсным источником «КУМИР»

Б.М. Колосов, ЗАОр НП "Запприкаспийгеофизика", г.Волгоград
Г.М.Спиров, НТЦФ ВНИИЭФ, г. Саров

Вопрос: Зачем вы занимаетесь источниками для МСК? Разве нет детонаторов?

Ответ: Детонаторы-то есть. Но создать другую технологию проще, чем получить право на работу с ВМ!

Приемы изучения строения ВЧР общеизвестны:

- прямой МСК;
- обращенный МСК;
- МПВ;
- многоуровневая сейсморазведка;
- комплексное изучение геофизическими методами строения ВЧР;
- расчетное определение статических поправок по годографам прямых, преломленных, отраженных волн, зарегистрированных в процессе сейсмонаблюдений по ОГТ.

У каждого из этих приемов есть свои достоинства и недостатки.

Технология прямого каротажа, отшлифованная десятилетиями полевой практики, привлекает геофизиков легкой и видимой возможностью перехода на невзрывные способы возбуждения. Возникают, однако, проблемы прижима сейсмоприемника в скважине, его вертикальной ориентации, а сам сейсмический сигнал, возбуждается на дневной поверхности и обречен быть низкочастотным.

Обращенный МСК с применением сейсмических электродетонаторов (ЭД) — компактных энергоемких источников, — более распространен и позволяет оптимально решать комплекс вопросов, возникающих при изучении строения

ЗМС.

Все остальные методы уступают по точности изучения строения ВЧР скважинным наблюдениям.

Но обращенный МСК — это взрывная технология! требующая получения от органов Госгортехнадзора, МВД и ФСБ около двадцати документов: лицензий, свидетельств, разрешений, согласований, аттестацию спецперсонала и т.д. и т.п.!

Посмотрите на Таблицу 1 и вам сразу захочется творить новое...

Использование электроимпульсных источников «КУМИР» [2] (комплекс универсальных мощных искровых разрядов) оставляет классическую сейсмическую часть в МСК и убирает все проблемы, связанные с применением ВМ.

Поговорим сначала о том, какой мощности требуется электровзрывной источник для проведения работ МСК, и в каких единицах её измерять?

Ответ на этот вопрос приводится в работе [1].

Оценивать сейсмическую эффективность источника можно различными силовыми и энергетическими характеристиками: ньютон, джоуль, тротиловый эквивалент и др. Наиболее близким исторически для сейсморазведчиков остается тротиловый эквивалент, тем более что эталоном для оценки эффективности источника «КУМИР» в этом приложении логично брать электродетонатор. Из практики известно, что для изучения строения ВЧР в различных геологических условиях обращенным каротажом в пределах глубин до 100 м, достаточно использования взрыва 1-3 ЭД. Как известно, тротиловый

эквивалент одного ЭД составляет ~2г или 7,6 кДж, а при взрыве трех ЭД выделяется энергия, равная 22,8 кДж.

При переходе к альтернативному источнику, эти простые расчеты позволяют определить параметры электроискрового комплекса для достижения достаточной энергии, сопоставимой с взрывами электродетонаторов, которые варьируют в пределах 7,6-22,8 кДж.

Запасенная энергия в конденсаторных батареях определяется выражением:

Таблица 1. Что надо иметь, чтобы работать...		
№ пп	с электродетонаторами?	с источником «КУМИР»?
1	Лицензию на использование промышленных ВМ.	Источники «КУМИР» с технической документацией.
2	Лицензию на хранение промышленных ВМ.	
3	Проект буровзрывных работ.	
4	Проект на склад ВМ.	
5	Акт приемки склада ВМ.	
6	Свидетельство на хранение ВМ.	
7	Разрешение на хранение ВМ.	
8	Свидетельство на приобретение ВМ.	
9	Разрешение на приобретение ВМ.	
10	Свидетельство о допуске транспорт-ного средства для перевозки ВМ.	
11	Разрешение на перевозку ВМ.	
12	Разрешение МВД на допуск персонала для работы с ВМ.	
13	Разрешение Госгортехнадзора на допуск персонала для работы с ВМ.	
14	Согласование маршрутов перевозки ВМ с областями РФ.	
15	Согласование маршрутов перевозки ВМ в районе проведения работ.	
16	Разрешение на производство взрывных работ.	
17	Устав службы безопасности по охране ВМ.	
18	Службу безопасности по охране ВМ.	

И больше ничего!

$$E = \frac{CU^2}{2} \text{ Дж}$$

C – емкость конденсатора в фарадах;

U – напряжение в вольтах.

Для источника «КУМИР» энергетический диапазон запасенной энергии составляет 6-37,5 кДж, т.е. вполне достаточно для изучения строения ВЧР в пределах ~100м, с учетом потерь энергии в разрядном кабеле.

Вопрос об использовании энергии разряда для возбуждения упругих колебаний в земной коре при сухопутной сейсморазведке возникает не впервые. Уже были опробованы и нашли частичное применение или не получили широкого применения по разным причинам следующие устройства: Искра – 20/70 (1985г.), Эгис-5 (1999г.), Эра-5 (2003г.), Стимул-1 (2003г.).

К обобщенным недостаткам указанных комплексов можно отнести: низкую энергоемкость, ненадежную работу разрядников в скважине, наводки от мощного разряда, значительные потери энергии разряда в кабеле при его погружении в скважину.

Рассмотрим оценки указанных источников, взятых из отчетных материалов.

Искра – 20/70. Мощность источника 20 кДж. Сравнение материалов, полученных с применением взрывного и электроискрового источников, указывает на ухудшение качества временных разрезов при электроискровом источнике. Испытания проводены в 1985г. в Волгоградском Поволжье. Перед опытными работами стояла задача полной замены взрывного источника при ОГТ на электроискровой. Указанные работы, по мнению автора статьи, были преждевременными, так как была сделана попытка использовать маломощный источник для получения геофизической информации по объему и качеству аналогичной информации от мощного взрывного источника.

Эгис-5, Эра-5. Источники созданы для работы в глубоких скважинах при электрогидравлической обработке продуктивных пластов для повышения пластоотдачи. Для исключения потерь энергии в длинном кабеле, конденсаторы располагались непосредственно в зонде, что приводило к снижению накапливаемой энергии до 2-5 кДж. Недостаточность энергии, а также громоздкие размеры зонда (длина 3,5-6,5м) не

Таблица 2. Технические параметры источника «Кумир»

Максимальная емкость конденсаторов, мкФ	120
Диапазон рабочих напряжений, кВ	10 - 25
Диапазон запасаемых энергий, кДж	6,0 - 37,5
Максимальный накапливаемый заряд, Кл	3,0
Максимальное количество конденсаторов ИК-25-12	10
Максимальная амплитуда разрядного тока, кА	40
Время нарастания тока до максимума, мкс не более	40
Диапазон выходного напряжения выпрямителя, кВ	0-50
Максимальный рабочий выпрямительный ток, мА	50
Потребляемая мощность выпрямителя, кВА	2,5
Напряжение питающей сети однофазного переменного тока частотой 50±1 Гц, В	220±22
Время заряда при максимальной емкости (12 мкФ) и максимальном рабочем напряжении (25 кВ), с, не более	60
Время между циклами разряда, мин. не более	2-3

позволили применять источник Эра-5 при работах МСК.

Стимул-1. Максимальная запасенная энергия составила 2-3 кДж. Испытания проведены в Татарии, в 2003г. Оценивалась эффективность источника для возбуждения сейсмических волн при наземных наблюдениях и при работах МСК. Вывод следующий: результаты испытаний не позволяют использовать комплекс в качестве источника возбуждения сейсмических сигналов.

При создании макета передвижного источника «КУМИР» были учтены вышеперечисленные недостатки и разработан принципиально иной разрядник, не требующий замены или реставрации после нескольких тысяч разрядов. Сам источник ориентирован на использование именно при работах МСК, хотя отдельные опытные разряды увеличенной мощности, позволяют говорить о возможном использовании источника «КУМИР» и при профильных работах по методике ОГТ.

Остановимся кратко на функциональной и структурной схемах комплекса «КУМИР», особенностях его принципа действия, составе, мерах безопасности и путях совершенствования

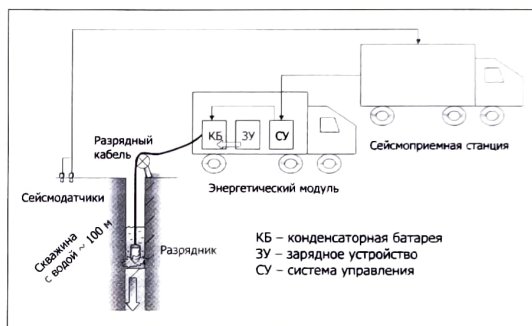


Рис. 1. Функциональная схема комплекса «Кумир»

технологического процесса изучения строения ВЧР с его применением.

На рис. 1 представлена функциональная схема источника. Она проста и не требует особых пояснений. Более сложной является структурная схема (рис. 2). Она несет в себе элементы функциональной схемы и дополняется отдельными узлами, имеющими самостоятельные и принципиально важные параметры, определяющие эффективность работы всего комплекса. В табл. 2 приведены количественные технические параметры, вытекающие из представленной структурной схемы.

Для ударного возбуждения колебаний используются электрогидровзрывные воздействия (ЭГВ), сопровождающие мощный электрический разряд в скважинной жидкости.

Излучательные сейсмические характеристики «КУМИРА» определяются:

- ударными волнами (УВ) и затухающими акустическими излучениями (АИ) в жидкой среде;

- кавитационными и струйными течениями, колебаниями паргазовых пузырей в жидкостях при ЭГВ;

- физико-химическими характеристиками передающей среды и границы раздела «скважина-грунт».

При проведении сейсморазведочных работ

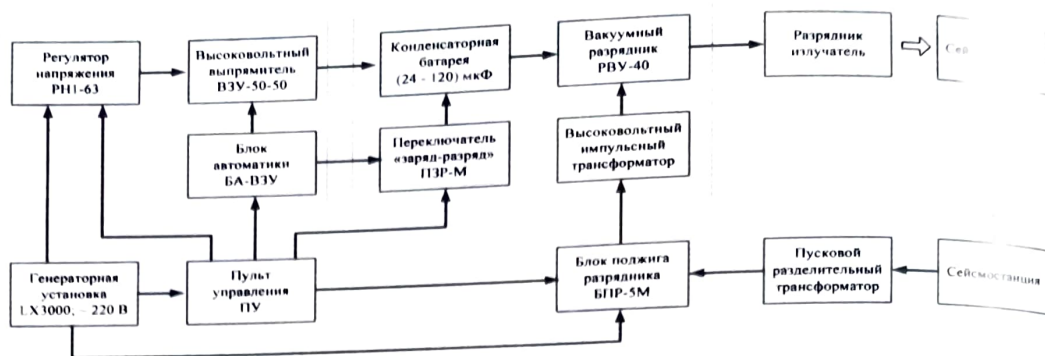


Рис 2. Структурная схема электроразрядного комплекса "Кумир"

периодически осуществляется зарядка выпрямленным высоким напряжением накопительных импульсных конденсаторов. Запасенная энергия выделяется при быстропотекающих сильноточных электрических разрядах в скважинной

значения мощности и коэффициентов преобразования электромагнитной энергии разрядов в энергию воздействующих физических факторов.

Эффективность передачи воздействий ЭГВ в прилегающий грунт зависит от конструкции излучающей системы. В процессе создания

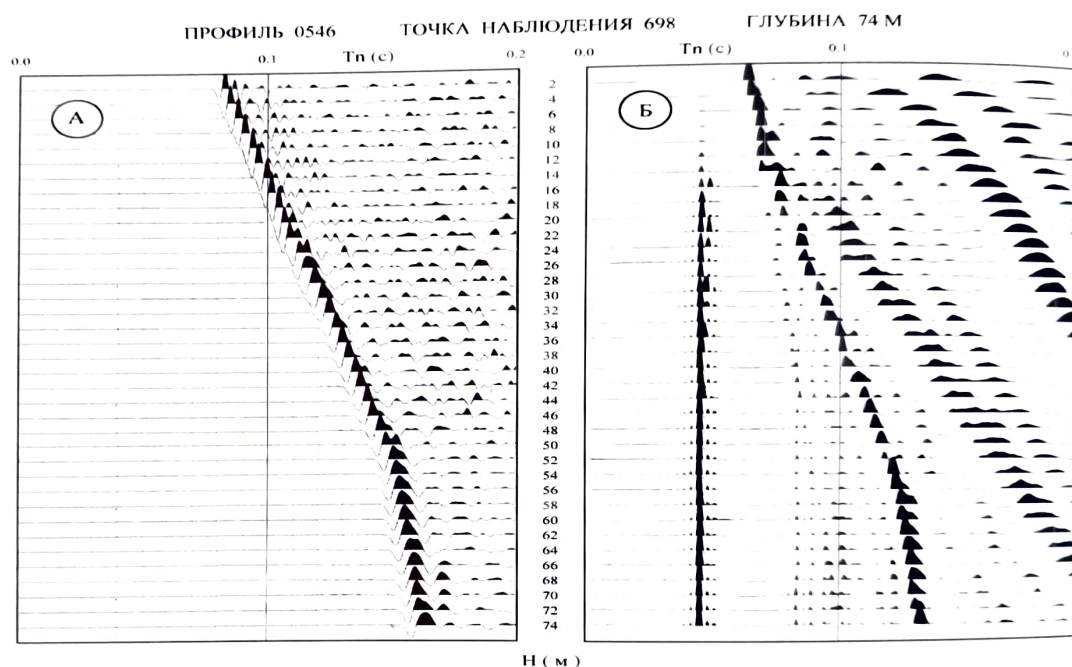


Рис. 3. Вертикальные годографы обращенных МСК в условиях Прикаспийской впадины (А – взрывной источник – ЭДС, Б – электроимпульсный источник "Кумир")

жидкости. Время накопления энергии определяется суммарной емкостью заряжаемых конденсаторов и мощностью используемого источника зарядного тока.

Длительность процессов разряда и их энергия определяются в основном величиной емкости разрядных конденсаторов, а также электрическими характеристиками разрядной цепи, включающей кабельную линию передачи импульсной энергии к излучающему жидкостному разряднику.

Достоинством ЭГВ-метода при сейсморазведке является возможность регулирования энерговклада в акустический импульс путем изменения параметров зарядки конденсаторов.

Для повышения разрешающей способности метода МСК, уменьшения влияния акустических шумов и электромагнитных наводок на регистрируемые сейсмосигналы в процессе создания комплекса «КУМИР» реализованы повышенные

комплекс «КУМИР» апробированы и оптимизированы различные конструкции скважинных разрядников-излучателей, имеющие повышенный ресурс срабатываний.

Комплекс «КУМИР» включает в свой состав следующие элементы.

1. Энергетический модуль, оснащенный подсистемами:

– накопления и коммутации электрической энергии;

– передачи импульсной электрической энергии с поверхности земли к глубинным акустическим излучателям с регулируемой глубиной погружения в скважинную жидкость;

– электропитания и выпрямительно-зарядных устройств (ВЗУ), обеспечивающих первичное (сетевое или автономное) электропитание и получение высоких постоянных напряжений с регулируемыми значениями выходных напряжений и зарядных токов.

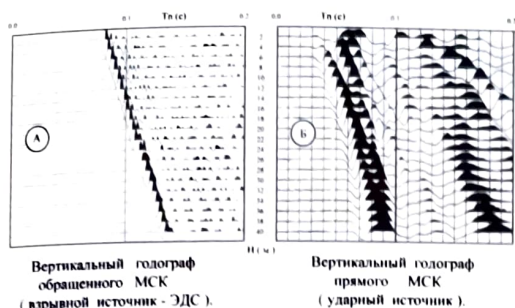


Рис. 4. Сравнение вертикальных годографов МСК.

2. Жидкостные разрядники — излучатели воздействующих факторов многократного использования.

3. Блоки высоковольтной синхронизации, управляющие разрядом конденсаторов по команде с сейсмоприемной станции.

4. Пульт управления, включающий подсистемы:

- управления и контроля зарядки конденсаторов;

- радиосвязи с сейсмоприемной станцией.

5. Комплекс регистрации, включающий:

- сейсмодатчики и сейсмоприемную станцию;

- подсистему регистрации электроразрядных процессов в излучающих каналах;

- устройства гальванической развязки и электромагнитной экранировки электрических цепей.

Безопасная эксплуатация и техническое обслуживание «КУМИР» проводятся с соблюдением организационных и технических мер:

- оптимизированы способы защитного заземления энергетического модуля и регистрирующей аппаратуры;

- накопительные конденсаторы размещены изолированно в кузове универсального назначения (КУНГ), установленном на шасси автомобиля ЗИЛ-131;

- энергетический модуль оснащен средствами автоматического и ручного снятия электрических зарядов с конденсаторов;

- территория проведения сейсморазведочных работ, устройства и элементы, находящиеся под высокими напряжениями, ограждаются стационарными и временными ограждениями, вывешиваются предупреждающие плакаты.

Практическая апробация ЭГВ-метода возбуждения сейсмических сигналов осуществлялась в два этапа: в районе п. Красный Яр Волгоградской области в июле 2005 года и в районе г.Новоузенска Саратовской области в октябре 2005г.

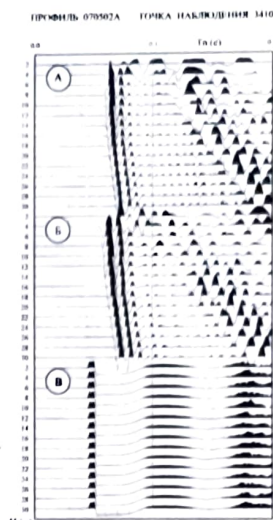
На первом этапе проведено экспериментальное опробование установки «КУМИР» в юго-западной части Русской платформы со сложным строением ВЧР и относительно глубоким залеганием подошвы ЗМС (до 100м). Наблюдения проведены в 2-х скважинах глубиной 54 м и 72 м синтервалом возбуждения через 2 м.

В качестве источника возбуждения применялись электродетонаторы ЭД-8Ж в количестве от 1 до 3 штук и электроимпульсный источник «КУМИР». Регистрация осуществлялась сейсмостанцией «ЭХО-3» на одиночные сейсмоприемники GS-20DX, установленные на расстоянии 5 и 10 м от устья скважин. В процессе

А. Регистрация вертикальным сейсмоприемником GS-20 DX на удалении 10 м от устья скважины

Б. Регистрация вертикальным сейсмоприемником GS-20 DX на удалении 5 м от устья скважины

В. Отметка момента для каждой трассы



Вертикальный годограф обращенного МСК в условиях Саратовского Заволжья (электроимпульсный источник «Кумир», сейсмостанция «Эхо-3», глубина 30 м).

экспериментальных работ необходимо было выяснить принципиальную возможность использования установки «КУМИР» при сейсморазведочных работах, как альтернативного источника и невзрывного способа для изучения строения ЗМС, а также возможного пути его совершенствования.

В процессе испытаний выяснилась необходимость использования вакуумного разрядника, разделяющего блок конденсаторов от разрядного кабеля вместо механического, так как последний возбуждал звуковую волну, интерферирующую с первыми вступлениями прямой волны от источника (см. годограф Б на рис. 3). Была также установлена принципиальная достаточность энергии 4-х конденсаторов с суммарной емкостью 48 мкФ для возбуждения сейсмического сигнала с глубины 90 м, сопоставимого по амплитуде со взрывом 3-х ЭД. Кроме того, при взрывном источнике за четкими первыми вступлениями продольных волн, регистрируется дополнительное поле волн, которое можно отнести к поперечным или обменным. Последнее требует самостоятельных исследований в связи с активным возвращением сейсморазведчиков к методике трехкомпонентной регистрации суммарного волнового поля, при которой проблема возбуждения поперечных волн не теряет своей актуальности. Сейсмические результаты демонстрируются на серии рисунков 3-4.

До начала сейсмических работ в Саратовском Заволжье в оборудование источника «КУМИР» были внесены дополнительные конструктивные изменения и оно было размещено в кузове автомобиля ЗИЛ-131.

Изучение строения ВЧР в Саратовском Заволжье с использованием источника проведено в производственном режиме.

В течение месяца на 240 км профилей, отработано 155 скважин МСК глубиной 30-40 м и произведено свыше 3000 разрядов, что позволяет говорить о технической надежности и достаточной производительности источника «КУМИР». По данным полевых работ ВЧР обращенным МСК с источником «КУМИР», получена подробная

ГЕОРЕГИСТРАТОРЫ ЗАВТРАШНЕГО ДНЯ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

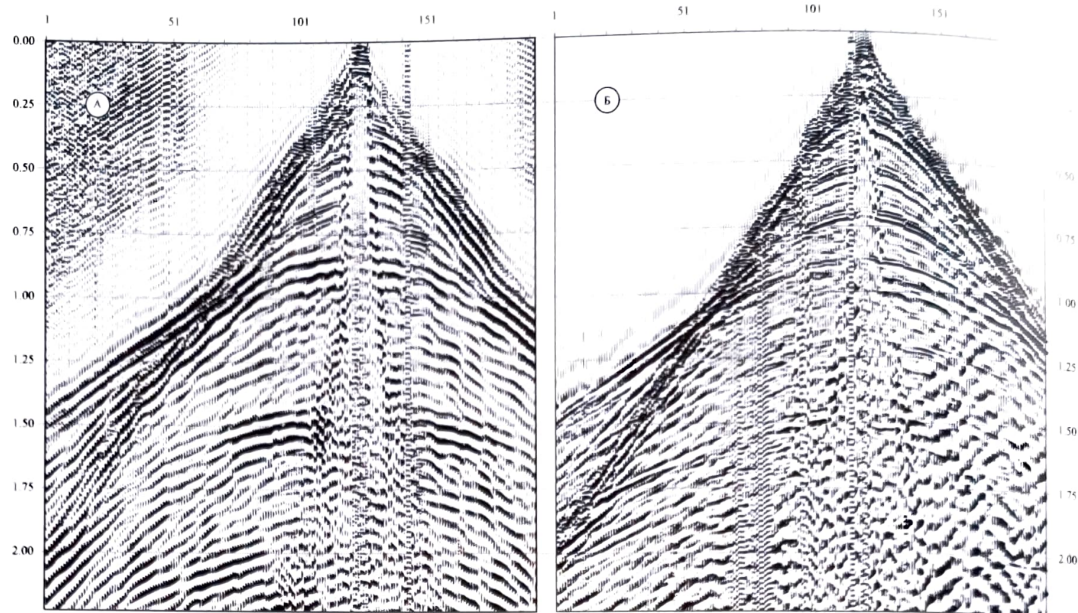


Рис.5. Сейсмограммы, зарегистрированные телеметрической сейсмостанцией в пределах северной части Прикаспийской впадины. Хmax = 3000м.
Источник возбуждения: А – 4 вибратора Р 23/М 27, 4 накопления;
Б – электроискровой комплекс Кумир».

информация о строении ЗМС, качественно сравнимая с данными методов, реализуемых на основе взрывных и ударных источников при прямом МСК (рис.4).

Передвижной комплекс для производства ЭГВ-воздействий может найти широкое применение на различных этапах сейморазведочных работ, как альтернативный источник при изучении строения ВЧР. Представляется также, что при соответствующей конструктивной доработке этот источник, может стать приемлемой альтернативой взрывному и при многократном профилировании ОГТ. Основанием для таких оптимистических выводов служит сопоставление сейсмограмм, полученных при использовании вибраторов и комплекса «КУМИР» (рис. 5). Несмотря на то, что энергетика «КУМИР» значительно уступает силовым характеристикам вибраторов, была получена высокочастотная запись в интервале до 2 с. Это позволяет надеяться, что и полевое оснащение технологии ВРС с внедрением электроимпульсных источников сможет получить дальнейшее развитие.

С учетом данных, полученных при создании и испытании комплекса «КУМИР», проводятся конструкторские работы по созданию двух опытных образцов электроимпульсных источников «КУМИР», отличающихся величиной накапливаемой энергии:

– источник КУМИР с накапливаемой в конденсаторной батарее энергией 7,5-30,0 кДж для использования при изучении строения ВЧР;

– источник «КУМИР-120» («КУМИР-240ю») с накапливаемой в конденсаторной батарее энергией 102-240 кДж для профильных работ по методике ОГТ, что является продолжением работ ЗАОр «НП «Заприкаспийгеофизика» по дальнейшему развитию технологии ВРС с использованием малых воздействий.

При полной уверенности, что электровзрывной метод будет широко использоваться, в

дальнейшем, совершенствование экспериментального комплекса «КУМИР» и доведение его до уровня опытного образца на наш взгляд должно проводиться в следующих направлениях:

– создание максимально автоматизированной и простой в эксплуатации аппаратуры при безусловном осознании того факта, что в полевых партиях и экспедициях уже сложился дефицит квалифицированных специалистов по автоматике и электронике, и в этом отношении мы не ждем изменений к лучшему в обозримом будущем;

– создание высоконадежной, ремонтпригодной, построенной по модульному принципу аппаратуры, допускающей ремонт путем оперативной замены функционально и конструктивно оформленных аппаратных модулей на месте;

– технологического программного обеспечения с клиентской частью, закрывающей как диагностику состояния комплекса и его отдельных узлов, так и экспресс-обработку данных;

– создание необходимого сервисного оборудования.

Авторы выражают благодарность директору НТЦ-1 ВНИИЭФ Селемиру В.Д. и генеральному директору ЗАОр «НП «Заприкаспийгеофизика» Глазкову А.М. за поддержку в организации конструкторских и опытно-производственных работ с источником «КУМИР», а также ведущему геофизику ЗАОр «НП ЗПГ» Иванкину А.В. за оформление результатов.

Литература

1. И.И.Гурвич. Сейсмическая разведка. Недра, 1970г., г. Москва
2. А.В.Калинин. Электроискровой источник упругих вол для целей наземной сейсморазведки. МГУ, 1989г., г. Москва
3. А.Я.Картев. Скважинный электроразрядный аппарат ЭРА-5 для геоэкологических исследований. РФЯЦ, Труды международной конференции, 2004г., г. Саров
4. Б.М.Колосов. О Единичах измерения энергетических параметров источников и сейсмических сигналов в сейсморазведке. Изобретения и рациональные предложения, вып. 3, ВНИИОЭНГ, 2005г., г. Москва