

Становление высокоразрешающей сейсморазведки (ВРС) в ЗАОр «НП «Запприкаспийгеофизика»

Колосов Б.М., Андреев Г.Н., Колосов А.Б., ЗАО «НП «Запприкаспийгеофизика», г. Волгоград

В статье «Высокоразрешающая технология поисков месторождений нефти и газа», опубликованной в журнале «Приборы и системы разведочной геофизики» (2/2004), авторы Баранский Н.П., Иноземцев А.Н., Колосов С.В., Потапов О.А. отмечают - «В настоящее время в России методики ВРС с взрывным возбуждением в полном объеме реализованы, возможно, только в ЗАОр «НП «Запприкаспийгеофизика». Подобные оценки со стороны специалистов-геофизиков, заставили нас задуматься о роли ЗАОр «НП ЗПГ» в становлении высокоразрешающей сейсморазведки в стране и конкретном вкладе наших специалистов в решение данной проблемы. Это и подвигло нас на написание данной статьи.

Проблем, которые пришлось решать специалистам нашего предприятия при разработке оригинальной технологии высокоразрешающей сейсморазведки (ВРС), было много. Но самой сложной оказалась проблема создания малых зарядов, на решение которой ушло более 10 лет. Во-первых, промышленным предприятиям, отчитывающимся по валовым показателям, было выгодно производить взрывчатку массой 2,5-5,0 кг, а не 50-100 г. Во-вторых, не было активной поддержки со стороны геофизиков, которые придерживались принципа: больше масса взрывчатки, больше амплитуда полезного сигнала, лучше соотношение сигнал/помеха.

Сейчас нет такого тотального желания производить и использовать при сейсморазведке большие по массе заряды. И в этом заключается пионерский вклад ЗАОр «НП «Запприкаспийгеофизика» в решение вопроса ВРС, включая широкое применение технологии для различных регионов и попытки осмысления процессов, происходящих в источнике.

Далее приведем хронику становления ВРС.

1954 г.

Общий курс геофизических методов разведки нефтяных и газовых месторождений. Москва, 1954 г. Авторы: Е.Н. Каленов и др.

«При регистрации отраженных волн с использованием для взрывов скважин количество взрывчатого вещества в заряде колеблется от 10-50 г до 200 г и более и зависит главным образом от пород, в которых производят взрывы».

1957 г.

Высокочастотная сейсмика. Москва, 1957 г. Автор: И.С. Берзон

В монографии вводится термин «высокочастотная сейсмика». Постулируются три принципа практической реализации высокочастотной сейсмики:

- условия взрыва должны быть таковыми, чтобы высокочастотные компоненты усиливались и преобладали над низкочастотными;
- интенсивность высокочастотных волн должна быть достаточной для их регистрации;
- сейсмическая аппаратура должна быть настроена на регистрацию высокочастотных колебаний.

До опубликования данной монографии вопросы, касающиеся условий взрыва, благоприятных для возбуждения определенного диапазона частот, практически не были изучены. Специальных теоретических и экспериментальных исследований в этой области не проводилось. Термин - «высокоразрешающая сейсморазведка» - еще не родился.

Экспериментальные исследования с записью высокочастотных волн включали в себя составляющие:

- мощность исследуемой толщи до 300 м;
- длина годографа 200-300 м и 600-700 м;
- масса патронированного аммонита 50-100 г и 150-200 г;
- регистратор - сейсмостанция ВЧ-9 с частотной характеристикой до 415 гц, совмещенная по частотам с электродинамическим сейсмографом.

В интервале до 250 мс зарегистрированы волны с частотами 150-300 гц.

В работе не приведены оценки второго принципа - «интенсивность высокочастотных волн должна быть достаточной для их реализации», который в наше время надо сформулировать несколько иначе: «чувствительность сейсморегистратора должна быть достаточна для регистрации слабых высокочастотных волн».

1965 г.

В 1965 году в издании АН СССР «Физика Земли» № 10 опубликована статья «К теории сферического излучателя сферических волн», автор И.И. Гурвич, теоретические положения которой вошли в учебник «Сейсмическая разведка», Недра 1970 г. под редакцией И.И. Гурвича.

Раздел «Образование сейсмических волн при взрыве» начинается констатацией факта: «В настоящее время отсутствует общепринятая теория, определяющая механизм образования упругих волн при взрыве в горной породе». И.И.

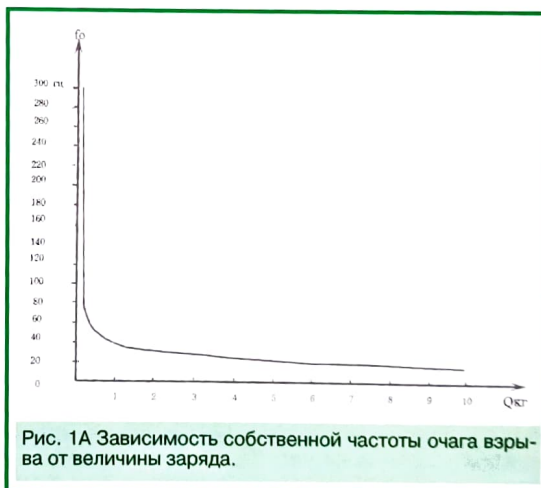


Рис. 1А Зависимость собственной частоты очага взрыва от величины заряда.

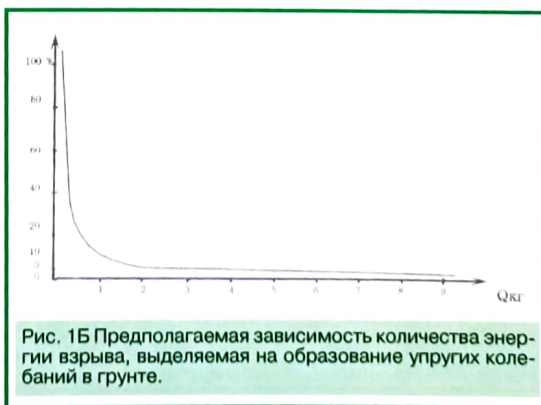


Рис. 1Б Предполагаемая зависимость количества энергии взрыва, выделяемой на образование упругих колебаний в грунте.

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ГЕОФИЗИКА- СЕЙСМОРАЗВЕДЧИКА



Гурвич своими научными трудами начинает заполнять этот пробел. Он вводит понятие эквивалентной полости сферического излучателя и постулирует формулу собственной частоты очага $f = \frac{gQ}{2\pi}$ от веса заряда, где g – постоянная, называемая частотным коэффициентом очага.

График зависимости собственной частоты очага от величины заряда представлен на рис. 1А. Он резко дифференцирован на два участка: низкочастотный участок, связанный с применением зарядов от 0,1 кг и выше и высокочастотный – с большим градиентом изменения частоты очага, связанный с применением малых зарядов.

Гурвич И.И. делает два очень важных вывода: при малых величинах заряда форма колебаний почти не изменяется в зависимости от веса Q , а при больших зарядах начинает заметно обнаруживаться зависимость спектра и формы колебаний от веса заряда. В работе прямо говорится, что следует весьма осторожно относиться к увеличению веса заряда при возбуждении профильных волн.

1990-2010 г.г.

В девяностые годы группа специалистов треста «Запприкаспийгеофизика» пришла к выводу о возможности широкого применения малых зарядов в практической сейсмике при поисках и разведке нефтегазовых ловушек. К этому времени появилась техническая возможность реализации второго принципа высокочастотной сейсмической изложенного в монографии Берзон И.С. и скорректированного в «Запприкаспийгеофизика» – «чувствительность регистрирующей аппаратуры должна быть такой, чтобы можно было регистрировать слабые высокочастотные сигналы.

К девяностым годам в сейсморазведке произошёл значительный прогресс в области регистрации сейсмических колебаний, позволивший специалистам «Запприкаспийгеофизика» приступить к практической реализации применения малых зарядов в сейсмике при поиске и разведке нефтегазовых ловушек:

- появились современные цифровые 24-х разрядные станции, которые могли записать сигналы на уровне нановольт, т.е. вошла в практику регистрирующая аппаратура, чувствительность которой позволяла зарегистрировать слабые высокочастотные сигналы от малых зарядов;
- переход к рыночной экономике позволил «Запприкаспийгеофизика» добиться разработки серии малых зарядов массой 20-125 г и их промышленного изготовления вместо зарядов 1,0-5,0 кг, которые до этого массово выпускались промышленностью. На эту проблему ушло не менее 5-8 лет и первоначально в качестве малых зарядов использовались пучки электродетонаторов;
- совершенствование средств обработки позволило суммировать отраженные сигналы при шаге дискретизации 0,5-1 мс.

Проблема необходимости совершенствования буровзрывной технологии при проведении сейсморазведочных работ возникла еще в конце 80, начале 90-х годов. Уже тогда наметился разрыв между уровнем развития технологии возбуждения колебаний взрывами и технологии регистрации и обработки сейсмической информации.

В эти годы широко использовались групповые взрывы из шнековых скважин диаметром 136 мм, глубиной 6-10 м и единичным зарядом 5-10 кг. Заряды массой 5-10 кг широко используются в сейсморазведке и в настоящее время.

При контрольной проверке органами Госгортехнадзора исполнения взрывов в шнековых скважинах было обнаружено большое количество отказов и неизвлеченных зарядов. По этой причине применение указанной технологии распоряжением Совета министров СССР было приостановлено до разработки и внедрения электронных способов контроля производства взрывов. Это решение повлекло за собой разработку новых ресурсосберегающих технологий, включая способ ЛДШ и шпуровых зарядов, преобразование технологии буровзрывных работ.

ЗАОР НП «Запприкаспийгеофизика», (в 80-90 годы - трест «Запприкаспийгеофизика») самостоятельно занимается вопросами минимизации буровзрывной технологии, включая многократные попытки создания сейсмического заряда ВМ с массой от 10 до 200 г и модернизацию буровой техники.

Мы обращались с конкретными предложениями в адрес Министерства Геологии СССР и «ВНИИ взрывгеофизика» и предлагали решить вопрос о создании ряда малых зарядов массой от 10-100 г (ИС – источник сейсмический). Для ускорения решения вопроса и выяснения возможности использования при проведении сейсморазведочных работ мы предлагали провести испытание имеющихся зарядов ЗТШТ массой 20, 25, 35-50 г, применяемых в промысловой геофизике для снаряжения торпед. Обращались в адрес Госгортехнадзора РФ с просьбой рассмотреть перечень ВМ, допущенных к постоянному применению, и включить в него для самостоятельного применения боевики массой 75 г, по ТУ ОСТ 84-1367-76. Однако, этот ГОСТ в перечень не вошел. В 2002 г. ЗАОР НП «Запприкаспийгеофизика» совместно с «ВНИИ взрывгеофизика» завершает испытания зарядов ЗСТ массой 75 г, прообраз указанных зарядов, которые, надеюсь, войдут в перечень как самостоятельный вид ВВ.

Занимаясь проблемой малых зарядов, НП «Запприкаспийгеофизика» разработало новый ряд буровых технологий, включая способ ЛДШ, способ шпуровых зарядов (патент), способ высокоразрешающей сейсморазведки (патент № 2107310).

В основе всех перечисленных технологий лежит принцип минимизации буровзрывных работ: масса заряда уменьшена до 75-200 г, диаметр скважин и бурового инструмента уменьшены до 45-50 мм. Уменьшение массы заряда повлекло за собой модернизацию бурового оборудования: создание совместно с ФГУП СКБ «Геотехника» вместо шнеков забурника (ТУ.41-01) и уменьшение диаметра штанг до 50-70 мм при бурении с промывкой, что потребовало, в свою очередь, реконструкции буровых насосов.

Способы ЛДШ и шпуровых зарядов в свое время получили широкое распространение в ряде организаций СССР, включая Казгеофизику, Укргеофизику, Волгограднефтегеофизику и др.

С 1985 г. в ЗАОР НП «Запприкаспийгеофизика» все сейсмические работы проводятся только с шпуровыми зарядами, а с 1990 г. также и по технологии ВРС. В настоящее время с применением минимизированных взрывов отработано 30000 п.км.

Переход на малые заряды позволил резко уменьшить и исключить случаи травматизма в указанный период и повысить качество работ. Значительное уменьшение диаметра скважин и минимизация величины заряда вплоть до взрыва 5-10 ЭД, связанных в пучок, привели к тому, что помехоустойчивость МОГТ не зависит от степени укупорки заряда, а отказ от укупорки обес-

печивает визуальный контроль полноты взрыва. Вместе с тем, применение малых зарядов, практически не наносит ущерба окружающей среде, повышает экологическую чистоту технологии буровзрывных работ, уменьшает уровень кратных волн, снижает уровень помех.

Все эти годы мы работали в режиме предварительных испытаний малых зарядов. Первыми на наше предложение откликнулись специалисты ГП «Краснознаменец». Совместными усилиями был разработан ряд зарядов ЗДЭ (заряды детонирующие, эластичные) массой 20, 30, 50, 70, 100 г, диаметром от 15 до 40 мм и скоростью детонации 7500 м/сек. Пять лет, с 1992 г. по 1997 г., мы проводили работы в режиме предварительных испытаний ЗДЭ, а в 1997 г. получили разрешение на приемочные испытания, но по ряду причин это направление не было доведено до журнального постановления. Возможно, это связано с преждевременной кончиной доктора т.н. Лютикова Г.Г.

С 1997 г. по договору с НИИ «Росконверсвзрывцентр» при поддержке его директора - доктора технических наук Шукина Ю.Г., мы начали опробовать для указанных целей конверсионные заряды ДЗС диаметром от 20 до 120 мм, шашки баллистические, заряды для торпедирования массой 70 г. Вопросами внедрения малых конверсионных зарядов занимались ст. научные сотрудники Большаков В.К. и Нагибин Ю.П. Нагибин Ю.П., перейдя в «ВНИИ взрывгеофизику», активизировал работы по созданию зарядов ЗСТ-75 массой 75 г, с которыми предприятие благополучно отработало последние 3 года, и по которым в 2001 году завершены приемные испытания.

Вопрос о совершенствовании зарядов, используемых в СШЗ, остается открытым. Сейчас мы применяем аммонит патронированный массой до 200 г. Это удобное для работы ВВ, приемлемое с экономической точки зрения, имеет небольшой диаметр. Однако оно имеет существенный с сейсмической точки зрения недостаток - малая скорость горения. Можно было использовать заряды ЗСТ-75 на тротиловой основе, но они дорогие. Совместить проблему низкой стоимости и высокой скорости детонации пытается ФГУ «Арсенал», который в настоящее время работает над конверсионным зарядом ЗСУ (заряд сейсмический универсальный), диаметром 20 мм, массой 180 г, со скоростью детонации $V_{дет} \approx 7500$ м/сек и приемлемой стоимостью. Эту разработку надо поддержать.

Все, что было сказано выше, относится к организационным вопросам, путям решения проблемы создания разнообразных видов и форм малых зарядов, предназначенных для использования при сейсмических работах. Естественно, возникает вопрос: «А почему необходимы именно малые заряды и надо ли этим занимать-

ся»?

На рис. 2 сравниваются взрывы зарядов массой 75 и 2000 г.

И в том и в другом случае при малых зарядах фиксируется информация в пределах необходимого временного интервала наблюдений. Однако сами формы записи значительно отличаются. При малых зарядах прямо пропорционально увеличивается видимая частота за счет высокочастотной части спектра, растет разрешенность записи, уменьшается количество помех, включая кратные волны.

На рис. 3 представлен временной разрез ВРС, пересекающий Хар-Адрьское газовое месторождение. Амплитудно-частотные спектры, сканированные в интервалах до 1,0 сек.

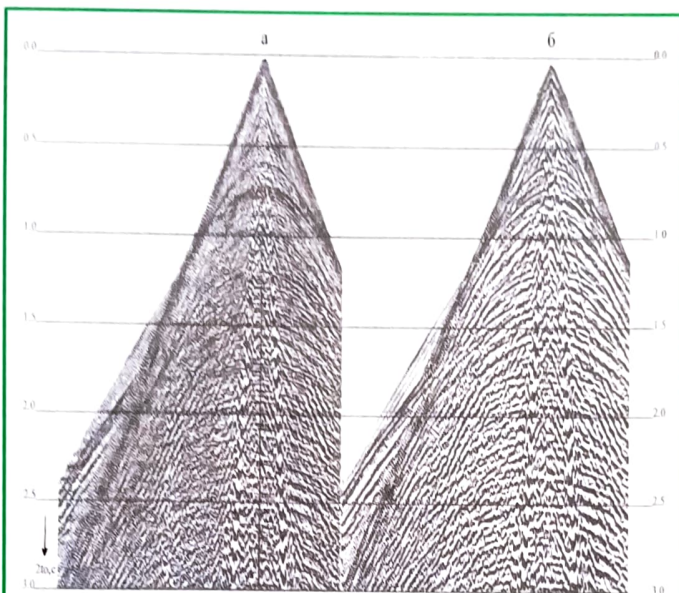


Рис. 2 Сопоставление первичных сейсмограмм, регистрируемых:
а) при высокоразрешающей сейсморазведке: одиночные взрывы под ЗМС, $H=16м$, $q=0.075кг$, $T=4.0с$, $t=1мс$;
б) при стандартных работах МОГТ: одиночные взрывы под ЗМС, $H=16м$, $q=2.0кг$, $T=18.0с$, $t=4мс$

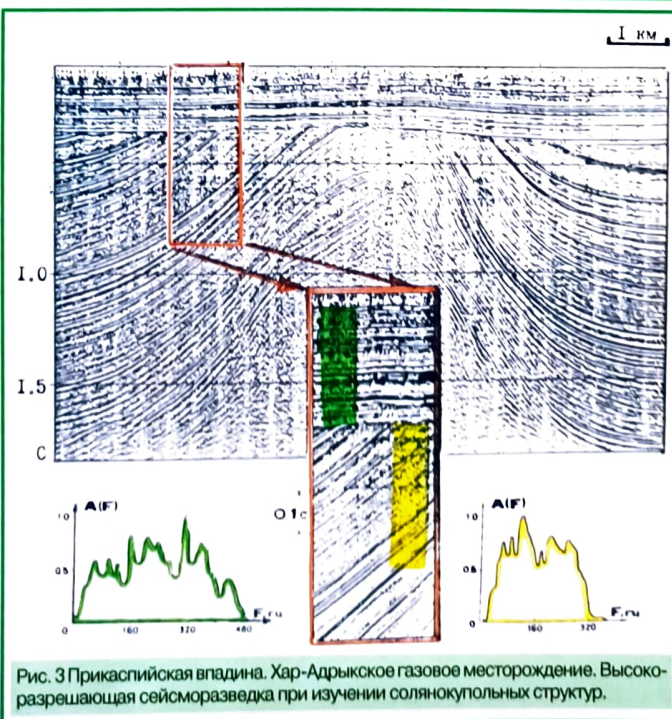


Рис. 3 Прикаспийская впадина. Хар-Адрьское газовое месторождение. Высокоразрешающая сейсморазведка при изучении солянокупольных структур.

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ГЕОФИЗИКА-СЕЙСМОРАЗВЕДЧИКА

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

расширены до 320-480 гц.

Для большей ясности обратимся к специальной литературе.

Для описания действия взрывного источника продольных волн может быть применена теория сферического излучателя продольных волн, изложенная в ряде статей Гурвичем И.И., который ввел понятие об эквивалентной полости излучателя R_0 .

$R_0 = K_0 \sqrt[3]{Q}$, где Q – масса ВВ, а K_0 – коэффициент радиуса очага, который зависит от прочностных пород, в которых происходит взрыв.

По Покровскому Г.И.,

$K_0 = 0.1 - 0.4 \sqrt[3]{K_2}$, для песчано-глинистых пород.

Переход от эквивалентной полости излучателя к частотным характеристикам очага определяется выражением:

$$f_0 = \frac{g}{\sqrt[3]{Q}}$$

где f_0 – частота собственных колебаний очага; g – постоянная, называемая частотным коэффициентом очага в гц $\sqrt[3]{K_2}$.

Исследования величины частотного коэффициента g [2], показывают, что при взрывах в водонасыщенных песчано-глинистых породах на глубинах 15-30 м он составляет 30-40 гц. При взрывах на больших глубинах или в более плотных породах он может возрасти до 50-100 гц.

Из формулы $f_0 = \frac{g}{\sqrt[3]{Q}}$ следует, что с увеличе-

нием веса заряда уменьшается частота собственных колебаний, возбуждаемых взрывом, а с уменьшением веса собственная частота увеличивается, что отражено на рис. 1А.

Вернемся к физическим процессам, происходящим в зоне взрыва. Общепринято, что при камуфлетном взрыве выделяются условно три зоны. Первая зона – зона сжатия и тонкого измельчения пород (камуфлетная зона). В зоне сжатия давление на фронте ударной волны превышает модуль объемного сжатия пород. Скорость распространения ударных волн в зоне превышает скорость упругих колебаний в данной среде. Размер зоны сжатия по Покровскому Г.И.

равен $R_k = K_k \sqrt[3]{Q}$, т.е. радиус камуфлетной полости и радиус эквивалентной полости сферического очага, введенного Гурвичем И.И., и математически и физически определяют один и тот же процесс. На образование камуфлетной полости расходуется большая часть энергии взрыва.

Вторая зона, это зона сжатия и разрушения, а третья зона – зона радиальных трещин. Размер зон сжатия R_c и растрескивания $R_{тр}$ пропорциональны радиусу камуфлета. Приближенно можно считать, что $R_c \approx 2R_k$ и $R_{тр} \approx 4R_k$. Скорости распространения ударных волн в этих зонах равны скорости упругих колебаний в данной среде.

Однако, нас интересует количество энергии при взрыве, которое расходуется на образова-

ние сейсмических волн. Очевидно, что большая часть энергии взрыва расходуется на разрушение пород, и чем больше заряд, тем больше объем разрушенных пород. К примеру, при взрыве 20 кг ВВ объем разрушений зоны составляет более 11 м³. По мнению ряда авторов, в сейсмическую волну переходит около 1% потенциальной энергии ВВ. Подобные выводы касаются больших зарядов. При сверхмалых зарядах радиус камуфлетной полости не перекрывает радиус скважины, в которой производится взрыв, т.е. можно предположить, что энергия, которая при большом заряде расходуется на образование камуфлетной полости, при сверхмалых зарядах направлена на образование упругих колебаний. Без сомнения часть энергии малых зарядов расходуется на нагревание среды, на само течение химической реакции взрыва. Можно лишь предположить, что при больших взрывах 1% энергии идет на образование сейсмических колебаний, а при малых эта доля значительно увеличивается. На рис. 1Б показан условный график зависимости доли энергии взрыва, направленной на образование сейсмических колебаний, от массы заряда. График составлен исходя из следующих предположений:

- при зарядах массой более 2 кг в сейсмическую волну переходит около 1-5% энергии ВВ;

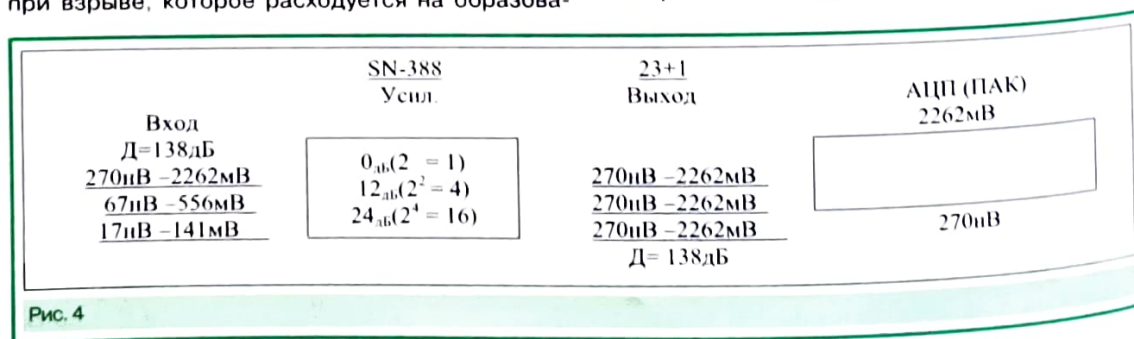
- при зарядах массой 2-3 г в сейсмическую волну переходит около 90% энергии ВВ;

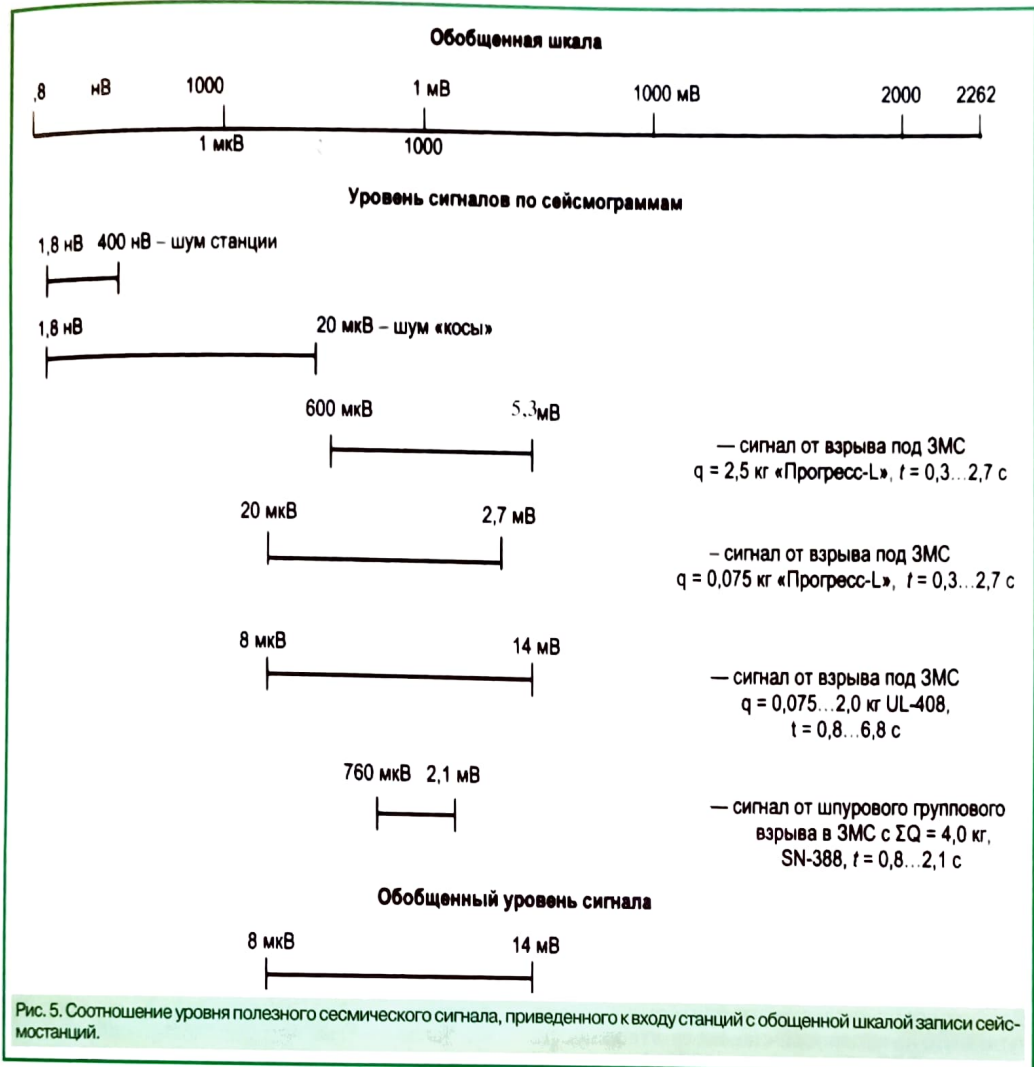
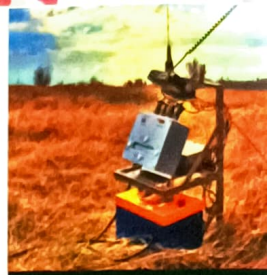
Учитывая, что энергия взрыва пропорциональна массе заряда, а объем разрушенной породы соответствует кубической зависимости, можно предположить, что процент энергии взрыва, направленной на образование сейсмических колебаний, меняется от 1% при больших зарядах, до 90% при малых, причем не линейно, а по зависимости, аналогичной рис. 1А.

Если данное предположение верно, то при сопоставлении графиков, представленных на рис. 1, оптимальными зарядами при сейсморазведочных работах являются заряды, не превышающие по массе 100-200 г и даже меньше.

Возникает вопрос, будет ли регистрироваться сейсмический сигнал при предельно малом заряде, учитывая большое разнообразие сейсмогеологических моделей, условий регистрации и приема?

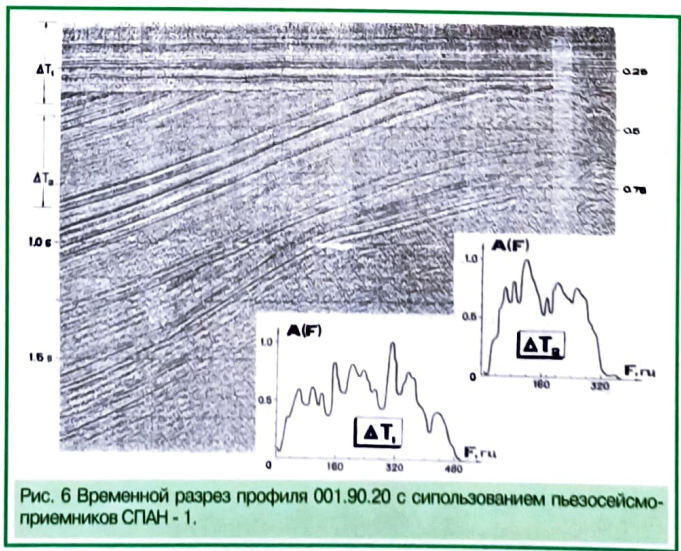
Современная сейсморегистрирующая система с 24-разрядным преобразованием способна зарегистрировать сигнал амплитудой от нановольт (нв) до 2000 милливольт. На рис. 4 показана упрощенная схема записи сигналов с/станции «SN-388», где минимальное значение соответствует цене младшего заряда регистрирующей системы до его усиления. Для количественной оценки амплитуды сигналов, регистрируемых сейсмостанцией, в лаборатории ЗАОр НП «ЗПГ» сейсмостанция «SN-388» была протестирована серией моносигналов с частотой 45 гц и амплитудой от 0,24 мв до 707 мв, на разных усилениях, которые подавались на вход сейсмостанции.



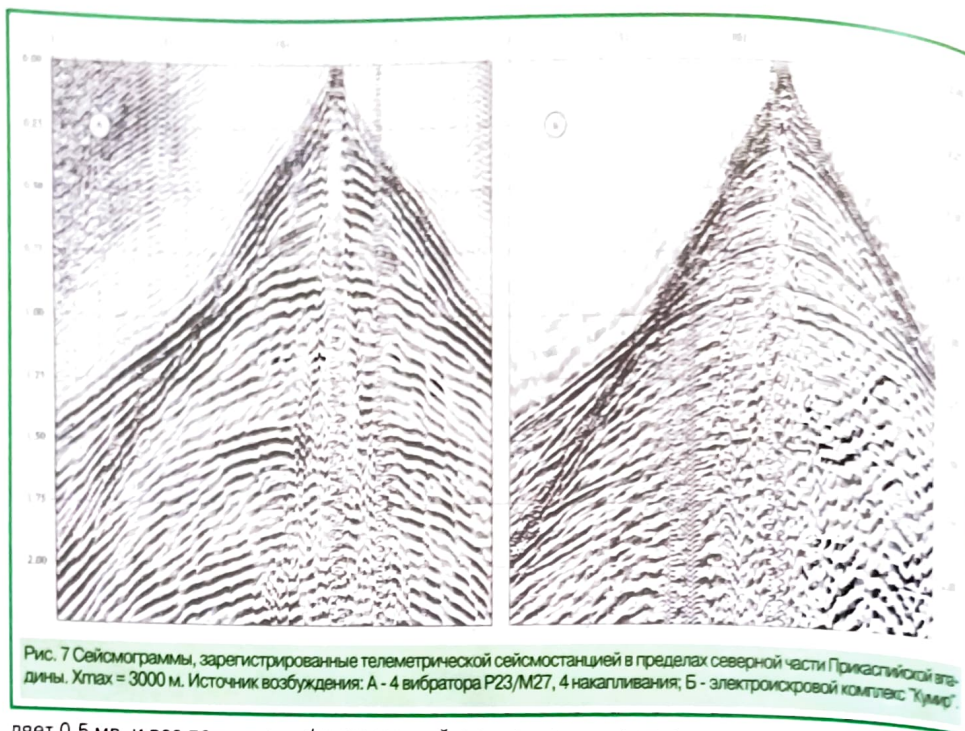


Расчет спектров позволил определить цену деления амплитуды спектра в милливольт, т.е. откалибровать величину сигнала и оценить по полевым записям, полученным с использованием малых и больших зарядов, уровень регистрируемых сигналов в милливольт для различных временных интервалов, приведенных к входу сейсмостанции. Тестирование полевых лент позволило определить величину реального напряжения сейсмического сигнала, поступающего на вход станции «Прогресс-2» от сейсмоприемника. Данное напряжение меняется от 0,02 мкВ до 2,7 мВ при зарядах 0,075 кг и от 0,6 мВ до 5,3 мВ при взрывах зарядов массой 2,5 кг, размещенных под зоной малых скоростей, и от 760 мкВ до 2,1 мВ при шпуровых зарядах (рис. 5). Общий диапазон регистрируемых сигналов, поступающих на вход станций, для региона кряжа Карпинского, колеблется от 20 мкВ до 14 мВ. На выходе АЦП, т.е. на магнитном носителе при усилении 36 дБ (в 64 раза) фиксируются сигналы амплитудой от 1,2 мВ до 896 мВ, которые подлежат дальнейшей обработке. Сравнение численных значений зарегистрированных сигналов со шкалой записи сейсмостанций показывает, что при малых

зарядах на вход сейсмостанции поступает полезный сигнал, который регистрируется на всех диапазонах усиления без искажений, по минимально численному значению приближающийся к уровню микросейсм и превышающий собственные шумы аппаратуры в сотни раз. Естественно, такие слабые сигналы не могли регистрироваться аналоговыми станциями, минимальная чувствительность которых состав-



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ГЕОФИЗИКА- СЕЙСМОРАЗВЕДЧИКА



ляет 0,5 мВ, и все попытки геофизиков перейти к технологии высокоразрешающей сейсморазведки ограничивались малыми глубинами.

В настоящее время неизвестны способы определения оптимальной величины заряда теоретически путем. Выбор оптимального заряда производится по серии взрывов зарядов различной массы. В качестве оптимального принимается заряд минимальной массы, обеспечивающий 3-10-кратное превышение амплитуды микросейсм. Ориентируясь на перечень ВМ, допущенных к применению в сейсморазведке, минимальная масса заряда составляет 400 г, что явно превышает возможности регистрирующей аппаратуры и что не противоречит основам теории сфе-

рического очага.

В 1990 году по технологии ВРС (патент № 217.1.47.7) трестом «Запприкаспийгеофизика» проведена съемка на Чарлактинской площади в центральной части Республики Калмыкия в объеме 347 п.км.

В процессе съемки применялась 12-кратная система ОГТ с асимметричной 96-канальной установкой приборов и ПВ на 72 канале, группирование 11 сейсмодетекторов СВ-20 на базе 1 м. В качестве источника колебаний использовались взрывы трех электродетонаторов ЭД-8Ж, погруженных на 6 м ниже подошвы ЗМС. Расстояние между центрами групп приборов составляло 20 м.

Для иллюстрации эффективности данной технологии применения малых и сверхмалых зарядов дается временной разрез по профилю 001.90.20 (рис. 6).

Опробовались пьезосейсмоприемники СПАН-1, разработанные Саратовским СКБ (Турлов П.А.). Спектр регистрируемых колебаний, соответствующий графикам в неогене и рассчитанный по данным позиционных наблюдений, составил 101-480 гц. Последующее суммирование выявило на записях фазовые сдвиги из-за высоких частот, которые не позволили осуществлять обработку в производственном режиме. Временной разрез, приведенный по профилю 001.90.20, был получен после тщательной многоэтапной ручной и автоматической коррекции этих сдвигов. Полученные результаты свидетельствуют о высокой перспективности использования сейсмодетекторов СПАН-1, чем быстро воспользовались китайские специалисты. Они организовали для нас двухмесячную командировку в Китай, в район Талиму. Тестирование технологии ВРС в долине реки Талима на профиле протяженностью 10 км при-

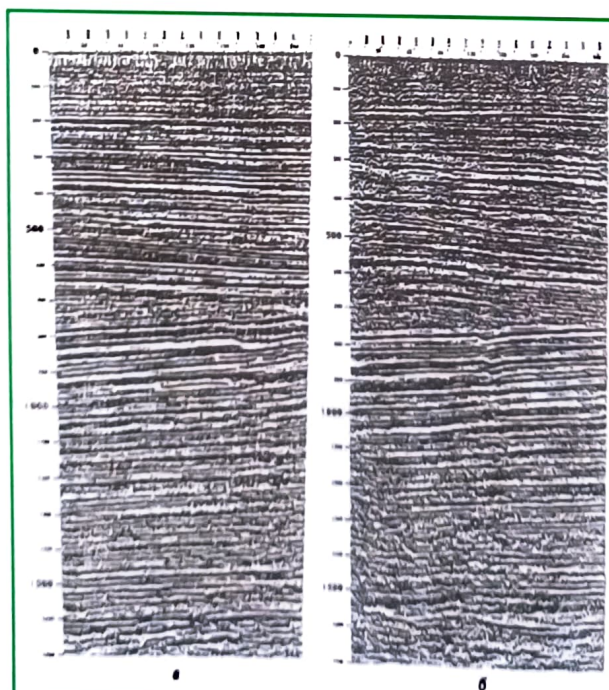


Рис. 8 Фрагменты сейсмического разреза ОГТ-60, полученные при взрыве тротила массой $q=0,075$ кг (а) и пневмоисточником «Тульс-6С», 8 накапливаний (б).

мечательно тем, что в условиях сравнительного полевого эксперимента была показана возможность регистрации высокочастотной части спектра сигналов на временах до 6 с, амплитуда которых в пределах частот 60-130 гц при заряде 90 г даже несколько выше амплитуд, полученных при зарядах 6 кг. К недостаткам СПАН-1 можно отнести необходимость дополнительного провода для питания электроники датчика. Несомненным достоинством СПАН-1 является широкий спектр регистрируемых колебаний и стабильная работа в условиях повышенной влажности.

Уникальные результаты получены при использовании электроискрового источника. Первоначально его применение ограничилось изучением строения ЗМС обращенным каротажом. Однако, при соответствующей конструктивной доработке этот источник может стать приемлемой альтернативой взрывному при использовании метода ОГТ. Основанием для таких оптимистических выводов служит сопоставление сейсмограмм, полученных при использовании вибраторов и комплекса «КУМИР». Несмотря на то, что энергетика «КУМИР» значительно уступает силовым характеристикам вибраторов, была получена высокочастотная запись в интервале до 2 с. Это позволяет надеяться, что с внедрением электроимпульсных источников и полевое оснащение технологии ВРС может получить дальнейшее развитие (рис. 7).

Высокоразрешающая сейсморазведка в ЗАОр НП «Запприкаспийгеофизика» совершенствовалась по следующим техническим направлениям:

- разработка и внедрение при производстве полевых работ малых зарядов, включая ЛДШ, связки ЭД в количестве 3-10 штук на взрыв, малых зарядов тротильных шашек массой 20-125 м, электроискровых источников «Кумир», пневмопушки малого диаметра;
- разработка и внедрение сейсмодатчиков СВ-10, СВ-20, СПАН-1, СВ-10-11;
- переход к телеметрическим 24 разрядным регистрирующим системам, что позволило регистрировать слабые сигналы и увеличить плотность наблюдений по профилю;
- совершенствование процедур обработки высокочастотных сигналов.

На рис. 8 представлены фрагменты сейсмического разреза ОГТ-60, полученные при взрывах заряда тротила массой 75 г и пневмопушки. Профиль обрабатывался на суше.

Этот монтаж иллюстрирует возможности регистрации слабых сигналов современной аппаратурой и возможности их обработки с применением современных программ до получения сопоставимых разрезов.

Для сравнительной визуальной оценки взрывных источников и виброисточников на рис. 9 представлены полевые сейсмограммы. Сравниваются сейсмозаписи от взрыва шпурового источника (А) с параметрами: количество шпуров в группе – 21; база группы – 60 м; величина единичного заряда – 0,2 кг; величина суммарного заряда – 4,2 кг; глубина заложения заряда – 2 м; вид заряда – аммонит 6Ж, и виброисточника (Б) с параметрами: тип вибраторов – СВ-10/180; количество вибраторов в группе – 4

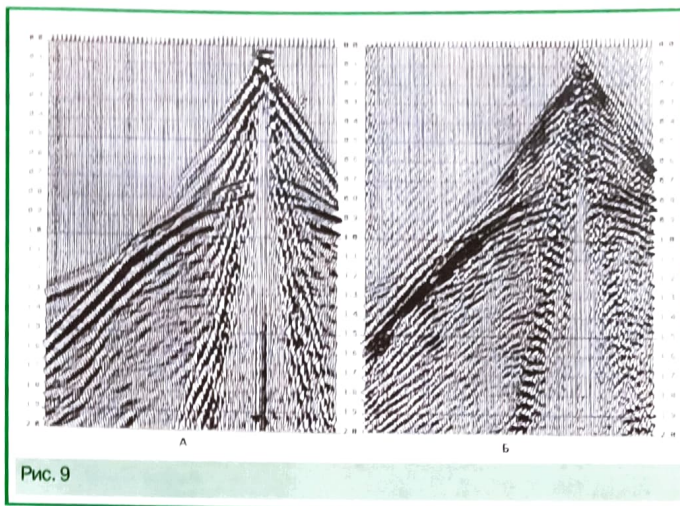


Рис. 9

шт.; база вибраторов – 60 м; количество накапливаний – 10; длительность свип-сигнала – 13 сек.

Параметры систем наблюдений и регистрации остаются одинаковыми при разных источниках возбуждения. Как следует из сопоставления, волновые картины заметно отличаются между собой. При взрывных источниках регистрируется более динамически выраженная запись, при которой целевые отражения имеют форму, отличную от иных составляющих волнового поля (отражение на $t = 1,0-1,4$). Однако, если оценивать интенсивность записи, то можно говорить о тождественности сейсмозаписей, включая отражения от опорных и целевых горизонтов, и явное повышение частоты отражений от опорных горизонтов при взрывном шпуровом источнике.

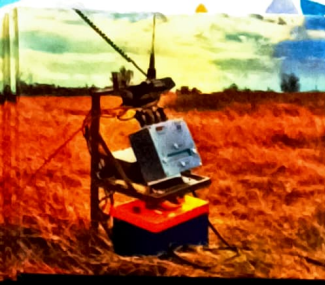
Высокоразрешающая сейсморазведка (ВРС) представляет собой технологию, разработанную специалистами ЗАОр «НП «Запприкаспийгеофизика», использующую минимизированные заряды на оптимальной глубине ниже подошвы ЗМС, а также специальные процедуры обработки (патент № 2107310, № 2171477). ВРС позволяет изучать и картировать тонкие особенности нефтегазовых ловушек, осложненных малоамплитудными сбросами, выделять структурные и стратиграфические несогласия и т.д. Сейсморазведочные работы, выполненные на крыже Карпинского на известных нефтяных и газовых месторождениях, обнаружили существенные отличия в геологических моделях по сравнению с устоявшимися в течение многих десятилетий.

В результате, были выявлены новые, ранее пропущенные при съемке, перспективные объекты на Тенгутинском, Олейниковском, Промыловском и других газовых и нефтяных месторождениях. Дополнительно к традиционным ловушкам нефти и газа были прослежены погребенные русла на глубине 300-500 м в отложениях неогена, представляющие интерес для гидрогеологов и специалистов в области рудной геологии. Широкое использование ВРС позволяет получать высококачественную геологическую информацию. При пересъемке старых месторождений происходит, как правило, значительный прирост запасов, уточняется схема разработки месторождений, выявляются новые объекты.

Наиболее широкое внедрение технологии ВРС получила при работе в республике Калмыкия, где оказались благоприятные сейсмогеологические условия - маломощная ЗМС для работы с малыми зарядами. Опыт работ с территории Калмыкии был успешно перенесен в западные регионы Прикаспийской впадины, на территории Волгоградской и Саратовской областей, Респуб-

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ГЕОФИЗИКА-СЕЙСМОРАЗВЕДЧИКА

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ



лику Казахстан и впадину Талиму в Китае. Практически, эта технология позволила увеличить надежность исследований осадочных отложений для всех типов ловушек: антиклинальных, тектонически-экранированных, ловушек примыкания. Широкий спектр геологических элементов, зафиксированный при ВРС, и узловые моменты самой технологии, приведены в работах [4-21], без знакомства с которыми иногда трудно поверить, что заряды мощностью от 57,0 до 100 г, позволяют добиться четкого сейсмического изображения геологического разреза на глубинах на 1.5-2.5 км, а в ряде случаев и до 4-5 км.

Литература:

- Берзон И.С. Высокочастотная сейсмика. Москва, 1957.
- Гурвич И.И. К теории сферического излучателя сферических волн. «Физика Земли», № 10, АН СССР, 1965.
- Каленов Е.Н., Комаров С.Г., Рябинкин А.А., Соколов В.А., Сорокин Л.В., Федоренко А.Н. Общий курс геофизических методов разведки нефтяных и газовых месторождений. Москва, 1954.
- Кобылкин И.А., Колосов Б.М. минимизация взрывных сейсмических источников-кардинальный путь усовершенствования технологии сейсморазведочных работ и повышение их геологической эффективности. Тезисы докладов Всесоюзного совещания «Геологическая эффективность геофизических работ при поисках и разведке месторождений нефти и газа в Прикаспийской впадине». Саратов, НВНИИГГ, 1990.
- Кобылкин И.А., Колосов Б.М., Ужакин Б.А. Способ шпуровых зарядов – эффективное средство проведения сейсморазведочных работ. Тезисы докладов 36-го Международного геофизического симпозиума. г. Киев, «Украгеофизика», 1991.
- Кобылкин И.А., Ужакин Б.А., Колосов Б.М., Турлов П.А., Пимштейн И.Г., Шукин Ю.Г., Большаков В.А. Применение пьезоэлектрических сейсмоприемников-акселерометров и минимизация сейсмических зарядов для высокоразрешающей сейсморазведки. Доклад на 5-ой Международной выставке «Геологоразведка-95». Официальный каталог выставки. Москва, 1995.
- Колосов Б.М., Турлов П.А., Большаков В.К. Технология наземной высокоразрешающей сейсморазведки при поиске и разведке сложнопостроенных резервуаров залежей углеводородов. Экспозиция на 5-ой Международной выставке «Геологоразведка-95», официальный каталог выставки. Москва, 1995.
- Кобылкин И.А., Ужакин Б.А., Колосов Б.М., Андреев Г.Н., Худяков Н.М. Способ высокоразрешающей сейсмической разведки методом общей глубинной точки с использованием взрывных зарядов. Патент на изобретение № 2107310. Роспатент. Москва, 1998.
- Кобылкин И.А., Андреев Г.Н., Колосов Б.М., Голиченко А.М. Геологическая эффективность высокоразрешающей сейсморазведки в юго-западной части Прикаспия и на кряже Карпинском. Международная геофизическая конференция «300 лет горно-геологической службы России», тезисы докладов. Санкт-Петербург, 2000.
- Плетнев А.И., Колосов Б.М., Сорокин В.М., Кобылкин И.А. Забурник для шпуров. Технические условия. ФГУП СКБ «Геотехника». Москва, 2002.
- Колосов Б.М., Кобылкин И.А., Голиченко А.М., Ужакин Б.А. Высокорастворимая сейсморазведка в Нижнем Поволжье РФ и во впадине Талиму в Китае. Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики». Саратов, № 2/2002.
- Колосов Б.М., Кобылкин И.А. Минимизация взрывных источников и буровзрывного обораудования при сейсморазведке – основные составляющие повышения качества работ и снижения их безопасности. Доклад на всероссийской конференции «О состоянии взрывного дела в РФ. Основные проблемы и пути их решения», 28.05.02 г. Москва, МГГУ, 2002.
- Колосов Б.М., Кобылкин И.А., Голиченко А.М., Жингель В.А. О малых зарядах для сейсморазведки. Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики». Саратов, № 1/2003.
- Колосов Б.М., Кобылкин И.А., Голиченко А.М. Особенности возбуждения, регистрации и оценки слабых сейсмических сигналов при минимизации взрывной технологии. Международная геофизическая конференция «Геофизика XXI века – прорыв в будущее». Москва, тезисы докладов, 2003.
- Андреев Г.Н., Кобылкин И.А., Колосов Б.М., Голиченко А.М., Жингель В.А. Геологическая эффективность высокоразрешающей сейсморазведки МОГТ в пределах кряжа Карпинского. Международная геофизическая конференция «Геофизика XXI века – прорыв в будущее». Москва, 2003.
- Колосов Б.М., Голиченко А.М., Кобылкин И.А., Глазков А.М. Особенности использования малых зарядов в сейсморазведке. Всероссийская геофизическая конференция «Геомодель-2003», тезисы доклада. г. Геленджик, 2003.
- Колосов Б.М., Кобылкин И.А., Голиченко А.М., Жингель В.А., Бурец Н.П. Малые заряды для сейсморазведки. Журнал «Безопасность труда в промышленности». Москва, №1/2004.
- Кобылкин И.А., Колосов Б.М., Голиченко А.М., Андреев Г.Н., Мыльцин В.Н., Кузнецов В.И., Жингель В.А., Шустров Е.И., Плетнев А.И., Худяков Н.М. Способ сейсмической разведки с использованием шпуровых зарядов. Патент на изобретение № 2231093. Роспатент. Москва, 2004.
- Колосов Б.М. О единицах измерения энергетических параметров источников и сейсмических сигналов в сейсморазведке. Изобретения и Рацпредложения в нефтяной промышленности. ВНИИОЭНГ. Москва, 2005.
- Колосов Б.М., Голиченко А.М., Спиров Г.М., Макеев Б.С. Технология изучения строения ВЧР электроимпульсным источником «Кумир». Сборник тезисов научно-практической конференции «Новые методики и технологии геофизических исследований на основе комплексирования методов и взаимодействия полей». ФГУП «ВНИИГеофизики». Москва, 2005.
- Колосов Б.М., Спиров Г.М. Технология изучения строения ВЧР с новым электроимпульсным источником «Кумир». Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики». г. Саратов, № 03/2007.
- Покровский Г.И. Взрыв. Москва, Недра, 1980.