

Газодинамический источник сейсмических колебаний

■ Болотов А.А., ООО «ТюменНИИгипрогаз», г.Тюмень

Представлены физические основы использования взрывоспособных газовых смесей для формирования ударных волн. Приводятся функциональная схема аппаратного комплекса газодинамического источника сейсмических колебаний (ГИСК) и результаты сравнительных опытно-методических испытаний ГИСК с вибрационными и пневматическими источниками.

Известно, что сейсморазведка методом общей глубинной точки (МОГТ) является основным эффективным методом полевой геофизики, позволяющим иметь данные о геологическом строении месторождений углеводородов. Вместе с тем, представляемая сейсморазведочная информация не всегда является полностью достоверной.

В условиях Западной Сибири, на территории деятельности ОАО «Газпром», это обусловлено, прежде всего, тем, что разрезы нефтегазоносных отложений относятся к низкоскоростным, тонкослоистым, слабо дифференцированным по волновым сопротивлениям с высоким коэффициентом поглощения зондирующего сигнала. Кроме того, обширная зона многолетнемерзлых пород (ММП) существенно снижает качество сейсмических материалов.

Для решения подобных сложных геолого-промысловых задач в слабо дифференцированных по акустическим свойствам нефтегазовых отложений севера Тюменской области нужны высокоразрешаемые сейсмические данные, несущие частоты которых достигают 100 Гц.

Одним из способов решения этих задач является скважинная и межскважинная сейсморазведка, при проведении которой возбуждение упругих колебаний и их регистрация осуществляются либо в соседних скважинах, либо в одной

из глубоких скважин и на поверхности, т.е. межскважинное просвечивание (МП) и обращенное вертикальное сейсмопрофилирование (ВСП). Главная проблема при проведении МП и ВСП - это мощность источника колебаний, помещаемого в скважину [1].

В настоящее время отчетливо определилось большое ресурсное значение мелководных и транзитных (переходных от суши к морю) зон, в которых находятся объекты геологоразведочных работ на нефть и газ. Объем работ в пределах лицензионных участков ОАО «Газпром» (Каменномыского, Обского и Чугоряхинского) может составить 7-10 тыс. п.км профилей 2D и до 2-3 тыс. кв.км. 3 D на стадии поиска, доразведки и эксплуатационных работ.

Мелководные и транзитные зоны характеризуются сложными условиями проведения сейсмических исследований. Основными физико-геологическими особенностями этих зон являются предельно малые и быстроменяющиеся глубины водного слоя, сильные и переменчивые течения, наличие крутых берегов и береговых топей. Помимо естественных преград имеют место техногенные препятствия.

Указанные особенности мелководных и транзитных зон не позволяют применять стандартные сухопутные и морские технологии и технические средства формирования сейсмических колеба-

ний, регистрацию и интерпретацию сейсмических данных.

Возбуждение колебаний в транзитных зонах при глубине моря 1-2 м производят взрывами традиционных ВВ в пробуренных неглубоких отдельных скважинах или с помощью специальных погружных пневматических источников объемом 2-3 л. В морских условиях при мощности водного слоя 2-3 м исключительное применение имеют групповые пневмопушки с суммарным объемом 20 л и рабочими частотами 30-70 Гц. Например, пневмоизлучатели "Bolt" (производства США), сейсмические пневмоизлучатели семейства «Геохи-унисигнал» института Геохимии и Аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН и пневмоисточники «Пульс 6 М» (разработка ГНЦ ФГУП «Южморгеология») [2].

Ограниченное применение взрывных источников сейсмических волн с использованием традиционных ВВ обусловлено их очевидными недостатками:

- принципиальная невозможность дистанционного дозирования и контроля мощности взрывного импульса,
- отсутствие возможности формирования серии импульсов на фиксированной глубине скважины без подъема источника колебаний,
- особая техника безопасности доставки, хранения ВВ и проведения работ.

Основными недостатками пневмоизлучателей являются: во-первых, необходимость погружения их в грунт вблизи уреза воды, а это требует размещения на плавсредствах буровых или ударно-канатных установок; во-вторых, близость к поверхности воды на предельном мелководье порождает отраженную волну, которая накладывается на прямую волну и деформирует ее.

Для работ в переходных зонах успешно опробованы вибрационные источники сейсмических сигналов, принцип действия которых аналогичен наземным вибраторным установкам. Источником колебаний является упругая круглая мембрана диаметром около 1 м, которая под действием внешних сил совершает возвратно-поступательные движения, формируя в водной среде волновой процесс. Сравнительные испытания морского вибратора фирмы IVI (США) со стандартными источниками колебаний (пневмопушки и заряды ВВ), проведенные в транзитной зоне штата Луизиана, показали, что он обеспечивает получение сопоставимых материалов, но обладает незначительной интенсивностью сигнала и имеет ограниченное применение.

Известны разработки импульсных источников сейсмических колебаний, применимых для условий транзитных зон, основанные на преобразовании электромагнитной энергии в механическую: электромагнитные импульсные источники «Енисей-ВЭМ-100», «Геотон», «Титан» и др. К достоинствам источников данного типа можно отнести:

- высокочастотный спектр возбуждаемого сигнала;
- высокую идентичность возбуждаемых колебаний при повторных воздействиях в процессе накопления;
- экологическую безопасность.

Вместе с тем, импульсные электромагнитные и электродинамические источники обладают недостаточной интенсивностью, сложностью конструкции и ограниченной областью использования в транзитной зоне.

В целях создания надежной геолого-геофизической основы разработки

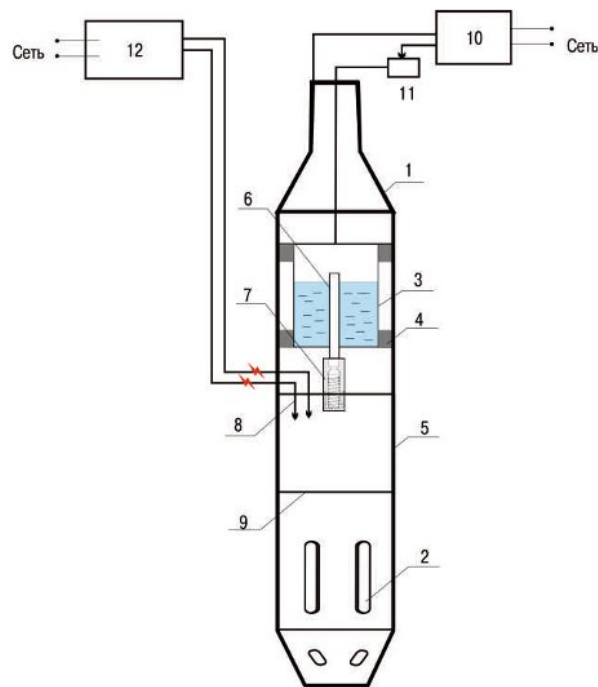
месторождений углеводородов путем проведения сейсмических исследований в глубоких скважинах, в транзитной зоне, а также в акватории моря в ООО «ТюменНИИгипрогаз» разработан многофункциональный газодинамический источник сейсмических колебаний (ГИСК) [3,4].

Физической основой ГИСК является использование ВВ, формируемого непосредственно в скважине. Из взрывчатых веществ в этой связи особый интерес представляют газообразные взрывчатые смеси, лишь в последние годы применяемые в некоторых отраслях техники. По нашему мнению, их использование для решения задач промысловой геофизики будет иметь ряд несомненных достоинств [5].

Основные преимущества применения газообразных взрывоспособных сред состоят в том, что газовая смесь формируется внутри глубинного скважинного снаряда, помещенного в скважину, при непрерывном дистанционном контроле на устье скважины, реализуется возможность создавать серию ударных импульсов без подъема глубинного снаряда и осуществлять регулировку мощности, определяемую прочностью стенок скважины.

Общий вид и функциональная схема ГИСК представлены на рис.1

Компоновка ГИСК включает: корпус 1, снабженный дюзами 2, электрод электролизера 3, изоляторы 4, камеру сгорания 5, дренажную трубку 6, клапан-отсекатель 7, инициирующее устройство 8, разрывную мембрану 9. Система электропитания содержит инвертор 10, представляющий собой понижающий трансформатор и диодный выпрямитель, регулятор 11 цепи питания электролизе-



▲ Рис.1 Функциональная схема ГИСК

ра и блок управления 12 инициирующим устройством 8.

Формирование ударных волн осуществляется следующим образом. Постоянный ток с регулятора 11 подается на электрод электролизера 3. Созданная электролизером взрывоспособная газовая смесь заполняет камеру сгорания 5. При достижении определенного объема газовой смеси высоковольтным импульсом с блока управления 12 инициирующим устройством 8 производится подрыв смеси.

Преимущества ГИСК

В отличие от традиционных импульсных сейсмических источников ГИСК обладает следующими преимуществами:

- полная безопасность для обслуживающего персонала;
- экологическая безопасность для окружающей среды;
- возможность создания серии импульсов без подъема глубинного снаряда;

- возможность дистанционного контроля и дозирования интенсивности колебаний;
- широкий диапазон применения: ВСП, МП, НВС, контроль ГВК и НВК;
- возможность проведения сейсмических работ в акватории моря, в транзитных зонах;
- технологическая и экономическая эффективность.

альтернативный традиционным взрывным способам возбуждения сейсмических колебаний с применением твердых ВВ.

Опытно-методические сравнительные испытания ГИСК и газодинамического сейсмического источника ГСК выполнены совместно с ОАО «Газпромгеофизика» и ОАО «Костромагеофизика» в Ярославской области на скв. № 5 «Скалин-

Техническая характеристика ГИСК

Потребляемая мощность, кВт	4-6
Напряжение питания, В	220-600
Рабочий ток, А	50 - 100
Энергия взрывного импульса, кДж	5 - 3000
Тротиловый эквивалент газовой смеси, г	1,5 - 600
Диапазон глубин спуска снаряда, м	0,5 - 3000
Габариты глубинного снаряда, мм	85 x 1950
Масса установки, кг	142

Энергетические и динамические характеристики ударной волны при взрыве газообразного ВВ, на примере кислородно-водородной смеси при различных гидростатических давлениях в скважине, приведены в таблице 1.

Как следует из табл.1, газодинамический источник может рассматриваться как

свая». Получены амплитудно-частотные спектры на разных удалениях, отмечено, что частота колебаний, формируемых ГИСК, в 2 раза выше частоты колебаний, создаваемых ГСК.

Совместно с ГНЦ ФГУГП «Южморгеология» выполнены сравнительные опытно-методические испытания ГИСК и

▼ Табл. 1. * - Величина давления - на расстоянии 1м от центра взрыва.

Давление, МПа/ /глубина, м	Эффектив- ная масса смеси, г	Энергия взрыва, кДж	Тротило- вый экви- валент, г	Бризантное действие, м	Давление взрыва, МПа*	Время дейст- вия давле- ния, мкс
0,1 / 10	0,43	5,9	1,4	0,3	5,8	3,5
0,1 / 10	1,02	14,01	3,36	0,5	7,7	4,6
0,1 / 10	2,04	28,03	6,7	0,8	9,7	5,8
0,5 / 50	10,2	140,15	33,6	1,8	16,4	10
0,8 / 80	16,35	224,6	53,8	2,3	19,2	11,6
1 / 100	20,4	280,3	67,2	2,6	20,7	12,5
2 / 200	40,8	560,6	134,0	3,6	26,0	15,7
5 / 500	102,0	1401,5	336,0	5,8	35,2	21,3
10 / 1000	204,0	2803,0	672,0	8,2	44,2	26,8

► Табл. 2.

Наименование характеристики	Единицы измерения	ГИСК	ПУЛЬС-6М
Максимальная амплитуда сигнала	МПа м	0,28	0,15
Плотность потока акустической энергии сигнала	кДж/м ² на 1м	0,235	0,115
Частота	Гц	200	98
Эффективная длительность сигнала	мс	85	158

различных конструкций пневмоисточников «Пульс» в транзитной зоне акватории речного порта г. Саратова и в акватории Черного моря. В результате этих испытаний установлены амплитудно-частотные и интегральные характеристики ГИСК.

По итогам испытаний в транзитной зоне отмечено, что мощность излучения ГИСК вполне сопоставима с групповым пневмоилучателем при явных преимуществах: малый вес и объем палубного и забортного оборудования, простота и надежность в эксплуатации, возможность группирования.

Результаты опытно-методических испытаний ГИСК в акватории Черного моря иллюстрируются таблицей 2, где представлены сравнительные характеристики акустических импульсов ГИСК и «Пульс-6М» в дальней зоне (на глубине 1000м) на удалении гидрофона по вертикали 85 м от источника, размещенного на глубине 5м

Анализ результатов всего комплекса испытаний позволяет сделать вывод, что созданный источник сейсмических колебаний при корректном его использовании применим в широком диапазоне геофизических работ.

Список литературы:

1. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. - М: Наука, 1973. 343 с.
2. Гуленко В.И. Карпенко В.Д. Шлыков В.А. Влияние внешнего акустического поля и границ волнового слоя на акустические характеристики пневматического излучателя. ж.Разведочная геофизика. -М: Недра, 1989. Вып.110, с.98-105.
3. Болотов А.А. Крылов Г.В. Совершенствование стимуляции скважин посредством импульсного газодинамического метода. - М: ж.Наука и техника в газовой промышленности № 4(16), 2003 – 24-28 с.
4. Крылов Г.В. Болотов А.А. Патент РФ № 2250986.
5. Баум Ф.А. Станюкович К.П., Шехтер Б.И. Физика взрыва. – М: ГИФМЛ, 1959, с 730

Подробнее об авторе



Болотов
Альберт Александрович,

к. физ.-мат. наук,
зав. сект. лаборатории
инновационных
технологий добычи
и транспорта газа ООО
«ТюменьНИИгазпрогаз»