

Г.В. Крылов, А.А. Болотов, ТюменьНИИГипрогаз, г. Тюмень

Известно, что сейморазведка МОГТ является основным эффективным методом полевой геофизики, позволяющим иметь данные о геологическом строении месторождений углеводородов. Вместе с тем, представляемая сейморазведочная 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 отложениях севера Тюменской области нужны высокоразрешенные сейсмические данные, преобладающие частоты которых достигают 100 Гц. Известными способами получения таких данных являются межскважинное просвечивание (МП) и обращенное вертикальное сейсмопрофилирование (ВСП), при проведении которых возбуждение упругих колебаний и их регистрация осуществляются, либо в соседних скважинах, либо в одной из глубоких скважин и на поверхности. Главная проблема при проведении МП и ВСП – обеспечение требуемой мощности 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»: Каменномысского, Обского и Чугоряхинского, – может составить 7-10 тыс. пог. км профилей 2D и до 2-3 тыс. кв. км 3D 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 быстро меняющиеся глубины водного слоя, сильные и переменимые 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 колебаний, регистрацию и интерпретацию сейсмических данных.

Возбуждение колебаний в транзитных зонах при глубине моря 1-2 метра производят взрыва-

ми традиционных ВВ в неглубоких одиночных скважинах или с помощью специальных погружных пневматических источников объемом 2-3 литра. В морских условиях при мощности водного слоя 2-3 метра 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» (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 внешнего 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

ИМПУЛЬСНАЯ НЕВЗРЫВНАЯ СЕЙМОРАЗВЕДКА
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

сигнала;

*высокую идентичность возбуждаемых колебаний при повторных воздействиях в процессе накопления при отсутствии необратимых деформаций в возмущающей среде;

*экологическую безопасность.

Вместе с тем импульсные электромагнитные и электродинамические источники обладают недостаточной мощностью, 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 промышленной геофизики будет иметь ряд несомненных достоинств[5].

Основным преимуществом применения газообразных взрывоспособных сред является то, что газовая смесь, при непрерывном дистанционном контроле на устье скважины,

генератором взрывоспособная газовая смесь заполняет взрывную камеру глубинного снаряда 6. Объем смеси контролируется дистанционно с помощью датчика, установленного в этой камере. При достижении определенного объема газовой смеси высоковольтным

Технические характеристики ГИСК

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

импульсом с блока 4 производится подрыв смеси. Возникновение взрыва контролируется индикатором 9.

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

- *полной безопасностью для обслуживающего персонала;
- *экологической безопасностью для окружающей среды;
- *созданием серии импульсов без подъема глубинного снаряда;
- *дистанционным контролем и дозированием интенсивности колебаний;
- *широким диапазоном применения – ВСП, МП, НВС, контроль ГВК и НВК;

Таблица 1. Энергетические и механо-динамические характеристики взрыва кислородно-водородной смеси при различных гидростатических давлениях

Давление, МПа/глубина, м	Эффективная масса смеси, г	Энергия взрыва, кДж	Тротилловый эквивалент, г	Бризантное действие, м	Давление взрыва, МПа*	Время действия давления, 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

* Величина давления - на расстоянии 1м от центра взрыва

формируется внутри глубинного скважинного снаряда. Таким образом, можно без промежуточных спуско-подъемных операций создавать серию ударных импульсов на любой глубинной точке возбуждения сейсмического волнового поля и осуществлять регулировку мощности этих импульсов.

Общий вид и функциональная схема ГИСК представлены на рис.1. Компоновка ГИСК включает трансформаторы ТДМ-401 1,2, выпрямитель 3, блок управления импульсами (БУИ) 4, геофизический трос-кабель 5, глубинный снаряд 6, электронный мультипликатор 7, высоковольтный разрядник 8, индикатор подрыва 9, газогенератор 10.

Формирование ударных волн осуществляется следующим образом. Постоянный ток с выпрямителя 3 посредством трос-кабеля поступает на газогенератор 10. Созданная

*проведением сейсмических работ в акватории моря, в транзитных зонах;

*технологической и экономической эффективностью.

Энергетические и механо-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 таблицы, газодинамический источник может рассматриваться как альтернативный традиционным взрывным способам возбуждения сейсмических колебаний с применением твердых ВВ.

В период 2004-2005 гг. была проведена серия опытно-методических испытаний ГИСК. Совместно с ОАО «Газпромгеофизика» и ОАО «Костромагеофизика» в Ярославской области

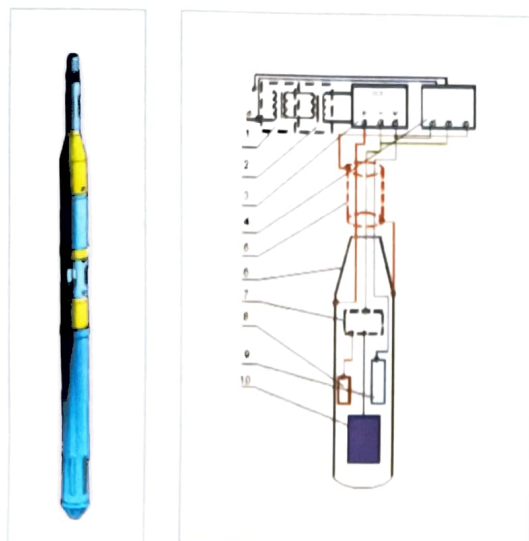


Рис. 1. Общий вид и функциональная схема ГИСК

- 1,2 - трансформатор ТДМ-401;
- 3 - выпрямитель;
- 4 - блок управления (БУП);
- 5 - геофизический кабель;
- 6 - скваженный снаряд;
- 7 - электронный мультипликатор;
- 8 - высоковольтный разрядник;
- 9 - индикатор подрыва;
- 10 - газогенератор.

на скв. № 5 «Скалинская» были выполнены сравнительные испытания ГИСК и источника ГСК. Получены амплитудно-частотные спектры на разных удалениях, отмечено, что частота колебаний, формируемых ГИСК, в 2 раза выше частоты колебаний, создаваемых ГСК, при этом энергия сейсмических трасс ГИСК во временном интервале 1500 мс примерно в 2 раза ниже

Таблица 2. Сравнительные характеристики газодинамического источника сейсмических колебаний (ГИСК) и пневмоисточника «Пульс-6М»

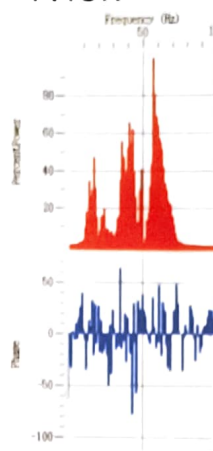
Наименование характеристики	Единицы измерения	ГИСК	ПУЛЬС-6М
Максимальная амплитуда сигнала	МПа м	0,28	0,15
Плотность потока акустической энергии сигнала	кДж/м ² на 1 м	0,235	0,115
частота	Гц	200	98
Эффективная длительность сигнала	мс	85	158

по сравнению с энергией ГСК. На рис.2 показаны амплитудно-частотные спектры ГИСК и вибрационного источника ГСК.

При активном участии ОАО «Тюменнефтегеофизика» были проведены испытания параметрического ряда конструкций ГИСК в неглубоких водонаполненных скважинах (НВС). По результатам испытаний следует, что ГИСК перспективен для методик просвечивания по схеме скважина-поверхность и скважина-скважина.

Совместно с ГНЦ ФГУП «Южморгеология» выполнены сравнительные опытно-методические испытания ГИСК и различных конструкций пневмоисточников «Пульс» в транзитной зоне акватории речного порта г. Саратова и в акватории Черного моря. В результате этих испытаний установлены

ГИСК



ГСК

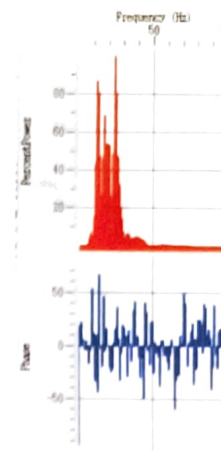


Рис. 2. Амплитудно-частотные спектры ГИСК и вибрационного источника ГСК

амплитудно-частотные и интегральные характеристики ГИСК.

По итогам испытаний в транзитной зоне отмечено, что мощность излучения ГИСК вполне сопоставима с групповым пневмоизлучателем 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 85м от источника, размещенного на глубине 5 м.

Анализ результатов всего комплекса испытаний позволяет сделать вывод, что созданный источник сейсмических колебаний при корректном его использовании применим в широком диапазоне геофизических работ. Представляется целесообразным провести на Уренгойском, Ямбургском и Медвежьем месторождениях опытно-методические испытания ГИСК по методике межскважинного просвечивания и обращенного ВСП в целях:

- картирования коллекторских свойств пород с неравномерной трещиноватостью;
- выделения зон с неравномерной выработкой запасов;
- мониторинга состояния месторождений углеводородов в процессе эксплуатации.

Литература.

- 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 от 05.07.2003 г.
- 5.Баум Ф.А. Станюкович К.П., Шехтер Б.И. Физика взрыва. - М: ГИФМЛ, 1959.с.730

ИМПУЛЬСНАЯ НЕВЗРЫВНАЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКА ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ