

Полевые сейсморазведочные работы 2D с целью определения оптимальной методики для солянокупольной тектоники на левобережной части Астраханского газоконденсатного месторождения

- Ван Ж., МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва
- Жуков А.П., Калимулин Р. М., ООО «Геофизические Системы Данных», г. Москва

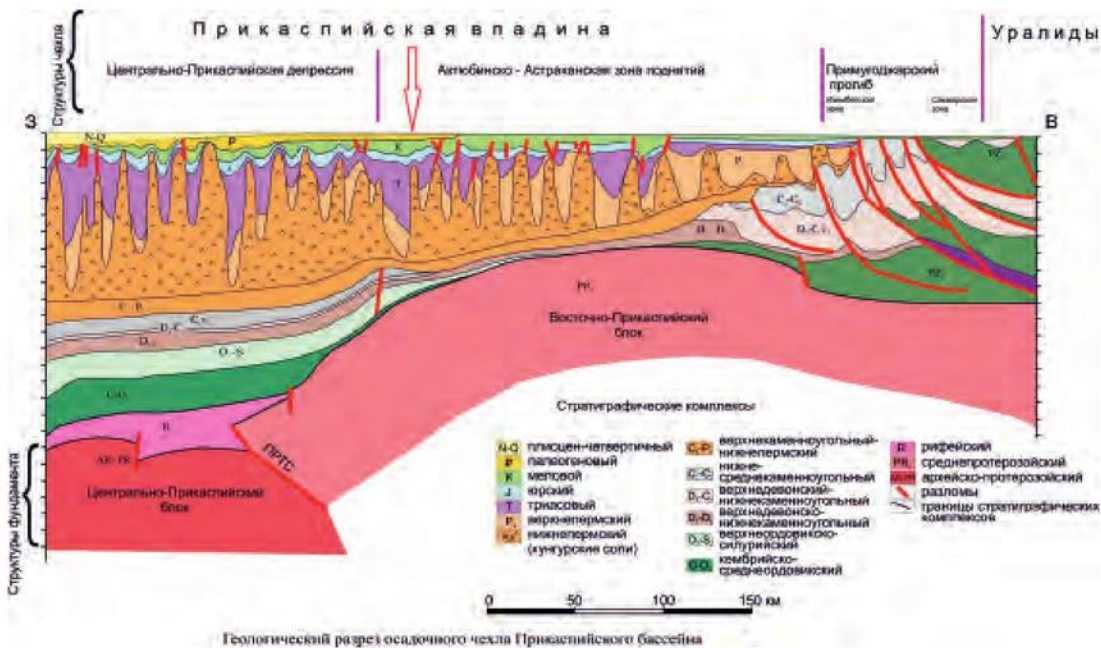
Прикаспийская впадина занимает обширную территорию Восточно-Европейской платформы и относится к числу важнейших нефтегазоносных регионов с огромным потенциалом ресурсов углеводородов (УВ). Все это подтверждается открытием крупных месторождений газового конденсата и нефти как в подсолевых, так и в надсолевых отложениях [1].

С 1950-х годов для проведения разведочных работ на нефть и газ в юго-западной части Каспийского бассейна применялись различные геофизические методы. По состоянию на 2009 год в Астраханской области насчитывается около 20 крупных разведанных месторождений нефти, газа и газоконденсата [2].

В настоящей работе представлены результаты опытно-методических работ, выполненных на левобережной части Астраханского газоконденсатного месторождения с целью определения оптимального вибрационного сигнала и сравнения с взрывным возбуждением. В исследовании проводился перебор различных вибрационных сигналов, (линейный, адаптивный, низкочастотный и широкополосный свип-сигнал), осуществленный на профиле 2D, пройденный в свое время взрывным источником.

Ключевые слова: прикаспийская впадина, линейный, адаптивный, низкочастотный, широкополосный свип-сигнал, взрывное возбуждение.

- ▼ Рис. 1. Каспийский Бассейн, где красная стрелка указывает, где проводились разведочные работы.



Участок исследования расположен в Каспийском бассейне, на западном борту Актюбинско-Астраханской зоны поднятий и на левом берегу реки Волги. Конкретное местоположение показано красной стрелкой на рис. 1.

Геолого-геофизическая изученность

Поисково-разведочные работы на нефть и газ в Астраханской области начали проводить еще с 40-х годов прошлого столетия. Но начало планомерным геолого-геофизическим исследованиям юго-западной части Прикаспийской впадины было положено в начале 50-х годов.

С 1968 года в пределах Астраханского выступа Астраханской геофизической экспедицией начали проводиться сейсморазведочные работы МОВ, а с 1973 года – МОГТ с использованием сейсмостанции «Прогресс». В августе 1976 года в разведочной скважине 5-Астраханская, находящейся в шести километрах северо-восточнее ст. Досанг, был получен первый промышленный фонтан газа с конденсатом из башкирских отложений среднего карбона, ознаменовавший открытие крупного газоконденсатного месторождения в Астраханской области. Газоносный горизонт здесь залегает на глубине 3900–4100 м, дебит газа достигает 400 тыс. кубометров в сутки. Большой своей частью (около 65%) месторождение расположено на левобережье рек Волга и Ахтуба. Остальная территория месторождения находится в пойме указанных рек и на правобережье [3].

С целью уточнения особенностей геологического строения подсолевых отложений, прогноза пространственного положения предполагаемых залежей и выработки рекомендаций по точкам заложения поисково-разведочных скважин на территории левобережного участка Астраханского свода в 2017 году

Оренбургской геофизической экспедицией были выполнены сейсморазведочные работы 2D МОГТ.

Позднее были проведены опытно-методические работы, результаты которых рассматриваются в данной статье.

Параметры съёмки 2D для взрывных и вибрационных данных

Параметры методики для взрывных и вибрационных данных приведены в табл. 1 и табл. 2.

Для взрывных данных, вес заряда взрывного источника 0.8–2.0 Кг, шаг ПВ 60 метров, шаг ПП 30 метров, 240 каналов в активной расстановке, максимальная кратность 60, длина записи 18 секунд. Профиль был отработан с применением

▼ Табл. 1. Параметры съёмки 2D для взрывных данных.

Вид работ	МОГТ 2D
Шаг ПВ, м	60
Шаг ПП, м	30
Кол-во каналов в активной расстановке	240
Мин. и максимальное удаление ПВ-ПП, м	30 и 7200
Максимальная кратность	60
Способ возбуждения сейсмических колебаний	Взрывной
Глубина заложения заряда, м	23
Вес заряда, кг	0.8 – 2.0
Тип сейсмоприемников	GS-20DX
Кол-во сейсмоприемников в группе	12
Вид группирования	линейный
База группирования приемников, м	30
Тип сейсмостанции	Прогресс-Т2
Шаг дискретизации, мс	2
Длина записи, с	18
Формат записи	SEG-D

Вид работ	МОГТ 2D			
Шаг ПВ, м	60			
Шаг ПП, м	30			
Кол-во каналов в активной расстановке	240			
Мин. и максимальное удаление ПВ-ПП, м	30 и 7230			
Максимальная кратность	61			
Способ возбуждения сейсмических колебаний	Вибрационный			
Тип вибрационных источников	Nomad 65			
Система управления вибрационными источниками	GDS-II			
Кол-во источников в группе	4			
База группирования источников, м	36			
Усилие воздействия, %	60			
Тип свип-сигнала	линейный	адаптивный	низкочастотный	широкополосный
Начальная частота, Гц	6	8	3	3
Граничная частота, Гц	-	-	6	6
Конечная частота, Гц	100	96	96	96
Параметр нелинейности, дБ/Гц, %	-	15 %	-	0.1 дБ/Гц
Длина свип-сигнала, с	12	12	16	16
Конус, с	0.75 / 0.5	0.5 / 0.5	1.0 / 0.5	1.0 / 0.5
Кол-во накоплений	4	1+4	4	4
Тип сейсмоприемников	GS-20DX			
Кол-во сейсмоприемников в группе	12			
Вид группирования	линейный			
База группирования приемников, м	25			
Тип сейсмостанции	Sercel 428 XL			
Шаг дискретизации, мс	2			
Длина записи, с	6			
Формат записи	SEG-D			
Объем работ	1625 ф.н. (5 * 285 ф.н. + 2 * 100 ф.н.)			

▲ Табл. 2. Параметры съёмки 2D для вибрационных данных.

взрывного возбуждения полевой партией Астраханской геофизической экспедиции.

Этот же профиль был повторен полевой вибрационной партией АО «ТНГ-ГРУПП» практически с теми же параметрами расстановки. Для вибрационных данных, шаг ПВ 60 метров, шаг ПП 30 метров, 240 каналов в активной расстановке, максимальная кратность 61, длина запись 6 секунд и количество накоплений 4.

Возбуждались пять типов вибрационных сигналов, параметры которых представлены ниже.

Линейный свип-сигнал (ЛЧМ-сигнал)

Диапазон частот сигнала составляет 6-100 Гц, частота сигнала увеличивается линейно, длина сигнала составляет 12 секунд, конусы в начале и в конце сигнала составляют 0.75/0.5 секунды соответственно (рис.2).

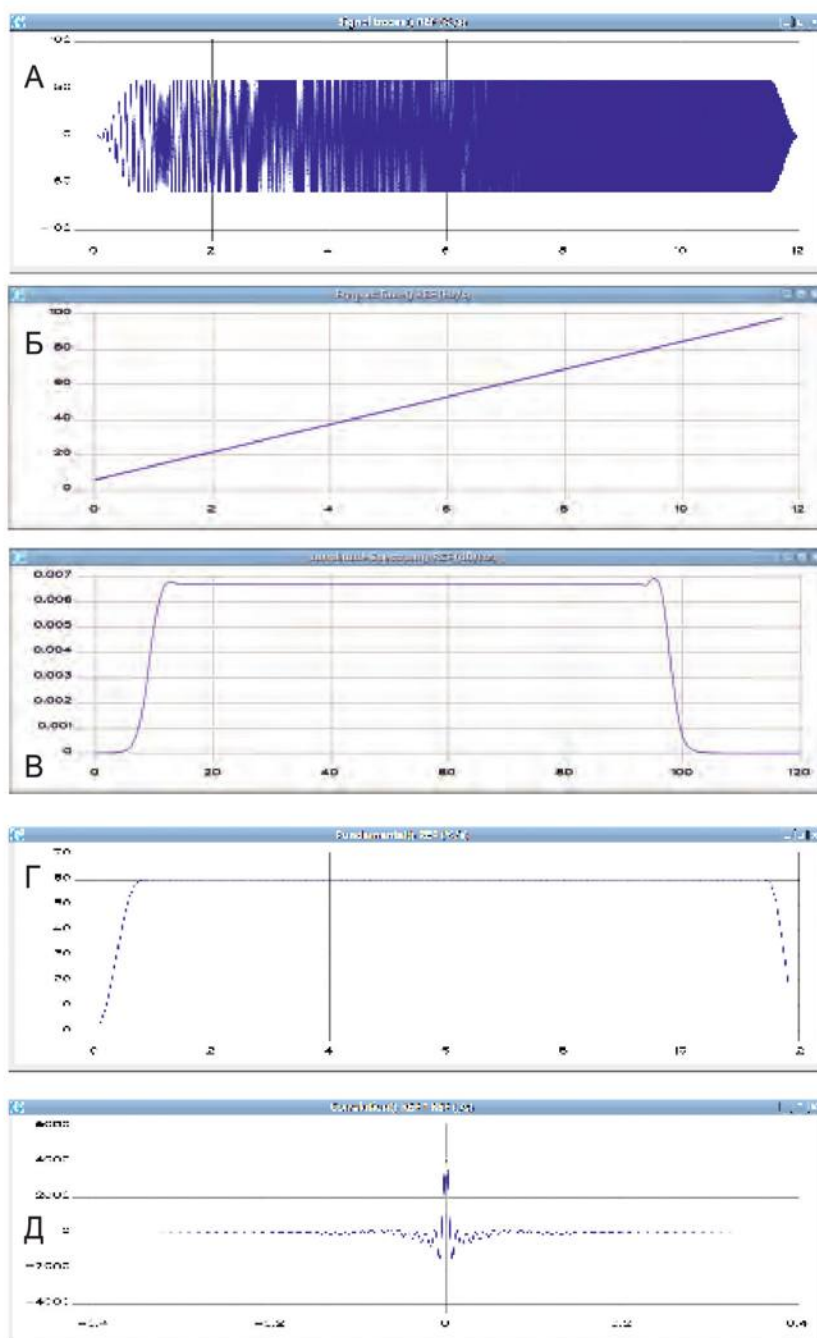


Рис. 2.
а) Линейный свип-сигнал
б) Мгновенная частота линейного сигнала
в) Спектр линейного сигнала
г) Мгновенная амплитуда линейного сигнала
д) Автокорреляционная функция линейного сигнала.

Адаптивный свип-сигнал

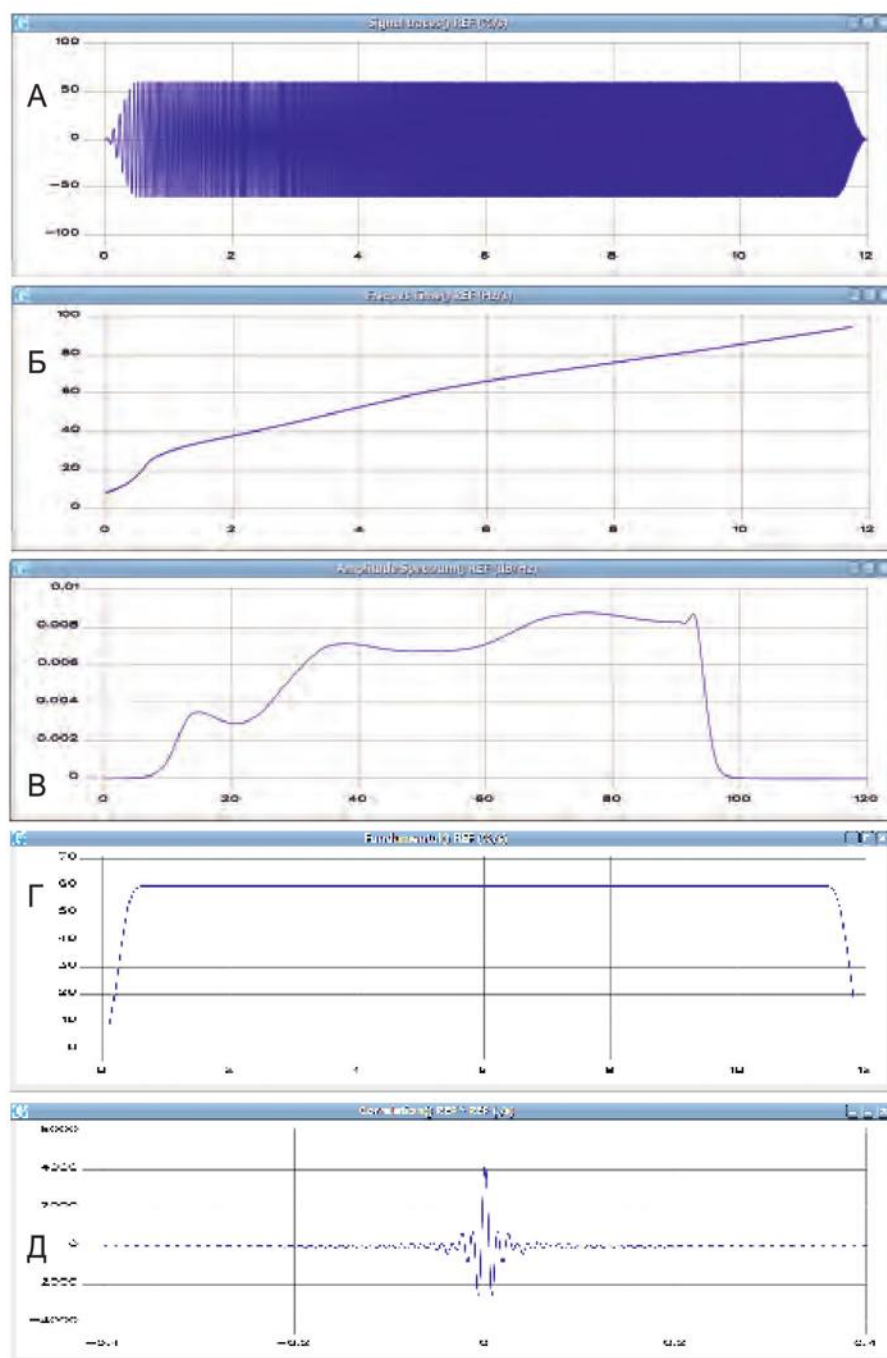
Диапазон частот сигнала составляет 8-96 Гц, 15% параметр регуляризации, длина сигнала составляет 12 секунд, конусы в начале и в конце сигнала составляют 0.5/0.5 секунды соответственно.

Количество накоплений для адаптивного свип-сигнала составляет 1+4, при первом накопления на каждом ПВ генерируется ЛЧМ-сигнал, производится регистрация отклика среды на этот сигнал, виброграмма передается в програм-

му VibroEqualizer для анализа и расчета коэффициентов адаптивного вибросигнала, передача рассчитанных коэффициентов в шифратор GDS-2 станции для расчета нового свип-сигнала (адаптивного) на основании полученных коэффициентов, передача рассчитанного адаптивного нелинейного свип-сигнала в дешифратор (Decoder) вибрационных источников по радиоканалу для генерации последующих 4 накоплений на данном ПВ[4][5] (рис.3).

► Рис. 3.

- а) Адаптивный свип-сигнал
- б) Мгновенная частота адаптивного сигнала
- в) Спектр адаптивного сигнала
- г) Мгновенная амплитуда адаптивного сигнала
- д) Автокорреляционная функция адаптивного сигнала.



Низкочастотный (Low dwell) свип-сигнал

Частотный диапазон сигнала составляет 3-6-96 Гц, длина сигнала составляет 16 секунд, конусы в начале и в конце сигнала составляют 1.0/0.5 секунды соответственно (рис.4).

Широкополосный сигнал

Частотный диапазон сигнала составляет 3-6-96 Гц, 0.1 дБ/Гц нелинейности, длина сигнала составляет 16 секунд,

конусы в начале и в конце сигнала составляют 1.0/0.5 секунды соответственно [6] (рис.5).

Обработка данных

Все сейсмические данные обрабатывались с использованием единого графа обработки (табл.3).

В результате были получены временные разрезы, соответствующие каждому сигналу [7].

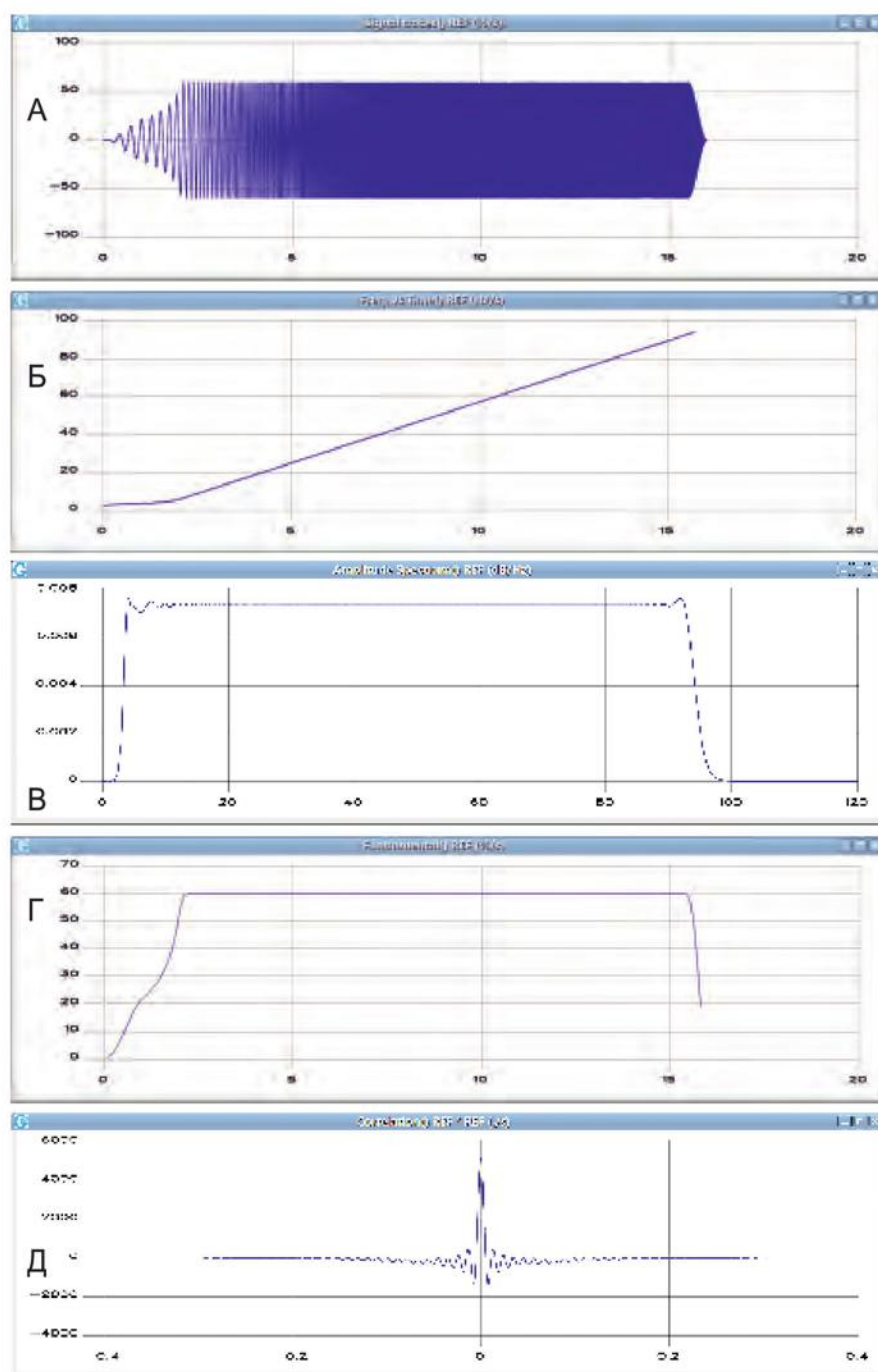


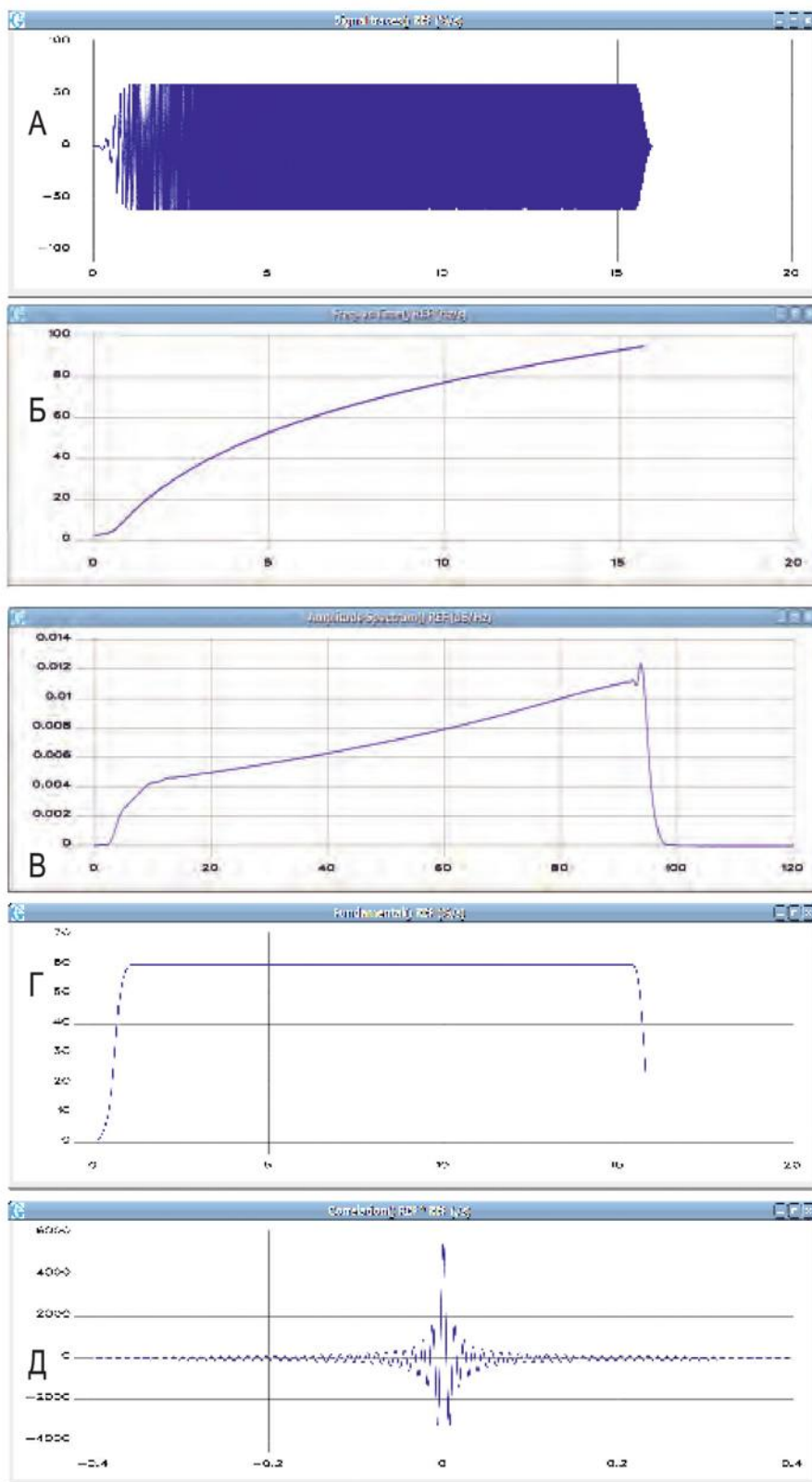
Рис. 4.
а) Низкочастотный (НЧ) свип-сигнал
б) Мгновенная частота НЧ сигнала
в) Спектр НЧ сигнала
г) Мгновенная амплитуда НЧ сигнала
д) Автокорреляционная функция НЧ сигнала.

Амплитудные спектры

На Рис. 6 приведены спектры для различных временных разрезов. Достаточно хорошо видно, что все спектры, полученные при излучении вибрацион-

ных сигналов стабильнее и шире по сравнению со взрывными данными. Спектр адаптивного сигнала по низким частотам совпадает со спектром взрывных данных, но значительно шире и

- Рис. 5.
- а) Широкополосный свип-сигнал
 - б) Мгновенная частота широкополосного сигнала
 - в) Спектр широкополосного сигнала
 - г) Мгновенная амплитуда широкополосного сигнала
 - д) Автокорреляционная функция широкополосного сигнала.



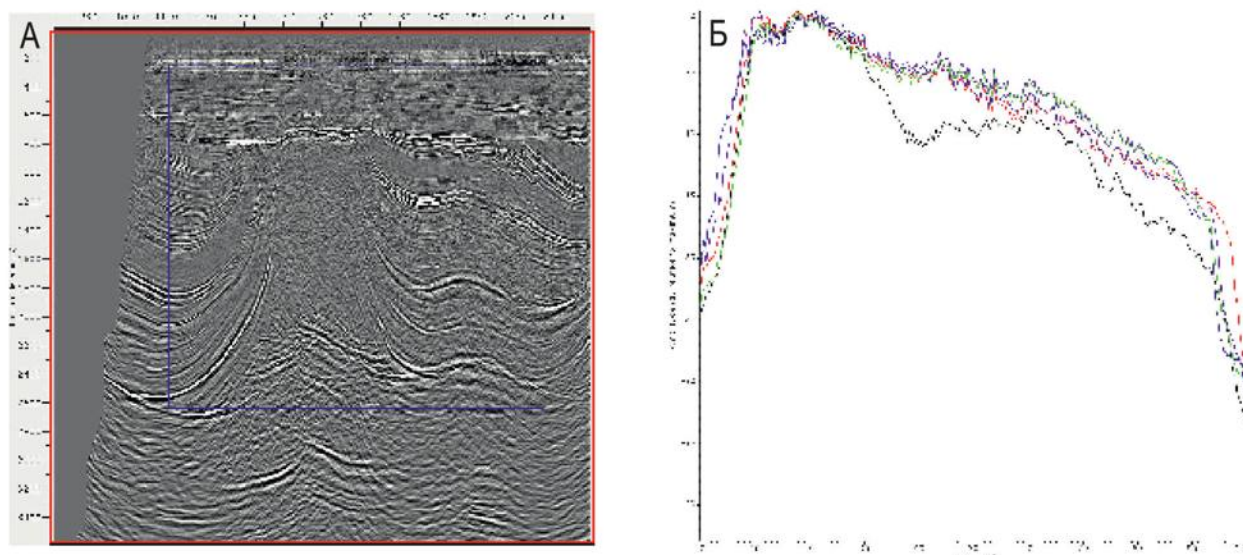
№	Задание	Процедуры
1	Ввод данных и присвоение геометрии	Описание геометрии наблюдений
		Контроль качества присвоения геометрии
2	Кинематическая обработка	Расчет априорных статических поправок по рефрагированным волнам
		Коррекция кинематических и остаточных статических поправок
3	Предварительная обработка	Регулировка амплитуд за сферическое расхождение
		Ввод априорных и остаточных статических поправок
4	Шумоподавление до деконволюции	Подавление регулярных и нерегулярных помех
5	Поверхностно-согласованная коррекция амплитуд	Поверхностно-согласованная коррекция амплитуд
6	Деконволюция	Нуль-фазовая деконволюция (минимально-фазовая для взрывных данных)
7	Шумоподавление после деконволюции	Подавление регулярных и нерегулярных помех
8	Временная миграция до суммирования	Временная миграция Кирхгоффа до суммирования
9	Кинематическая обработка	Коррекция кинематических поправок
10	Поверхностно-несогласованная коррекция статических поправок (трим-статика)	Поверхностно-несогласованная коррекция статических поправок на основе корреляции с внешней моделью
11	Регулировка амплитуд	Автоматическая регулировка амплитуд
12	Суммирование / Обработка после суммирования	- / FX-Decon

▲ Табл. 3. Граф обработки взрывных и вибрационных данных.

устойчивее по средним и высоким частотам. Спектр низкочастотного сигнала расширен в сторону низких частот и совпадает со спектром ЛЧМ-сигнала по средним и высоким частотам. Спектр широкополосного сигнала расширен как в область низких, так и в сторону высоких частот (рис.6).

Временные разрезы после временной миграции до суммирования

На Рис. 7.8 приведены временные разрезы, полученные с различными сигналами. Визуальная оценка полученных изображений позволяет также сделать вывод в пользу низкочастотного и широкополосного сигналов. В последнем случае не теряется глубинность исследо-



▲ Рис. 6. а) Окно для расчета спектры; б) Спектр различных временных разрезов (чёрный – взрывной источник, красный - линейный сигнал, зеленый - адаптивный сигнал, синий - низкочастотный сигнал, фиолетовый- широкополосный сигнал).

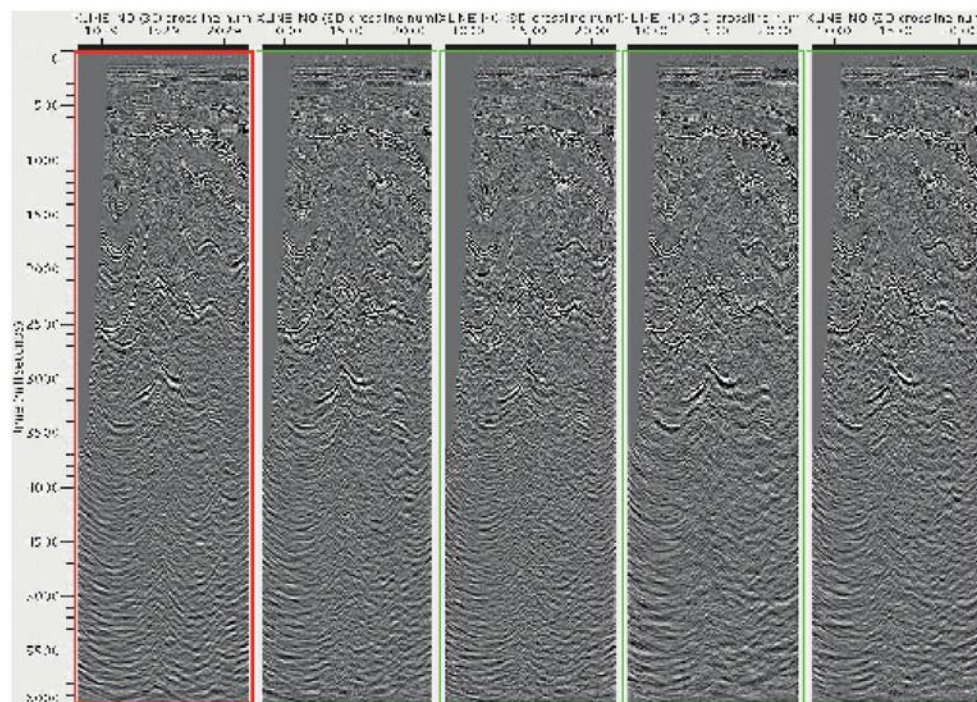
ваний и значительно возрастает динамическая выразительность отражающих горизонтов (рис.7.8).

Фильтрация по октавам

На Рис. 9 приведены результаты полосовой фильтрации по октавам каждого набора обработанных данных. Каждый набор данных был отфильтрован в пяти диапазонах частот (рис.9).

Как видно на приведенном рисунке, данные широкополосного сигнала демонстрируют существенное расширение амплитудного спектра и более высокую визуальную разрешенность на самом разрезе в сравнении с другими данными, особенно в низкочастотном диапазоне (3-6Гц). Dwell-конус со специальной нелинейной частотной и амплитудной модуляцией, обеспечивает нормальную,

► Рис. 7. Временные разрезы вдоль тестового профиля после временной миграции (0–6000 мс), слева направо— —разрезы взрывного источника, линейного сигнала, адаптивного сигнала, низкочастотного сигнала, широкополосного сигнала.



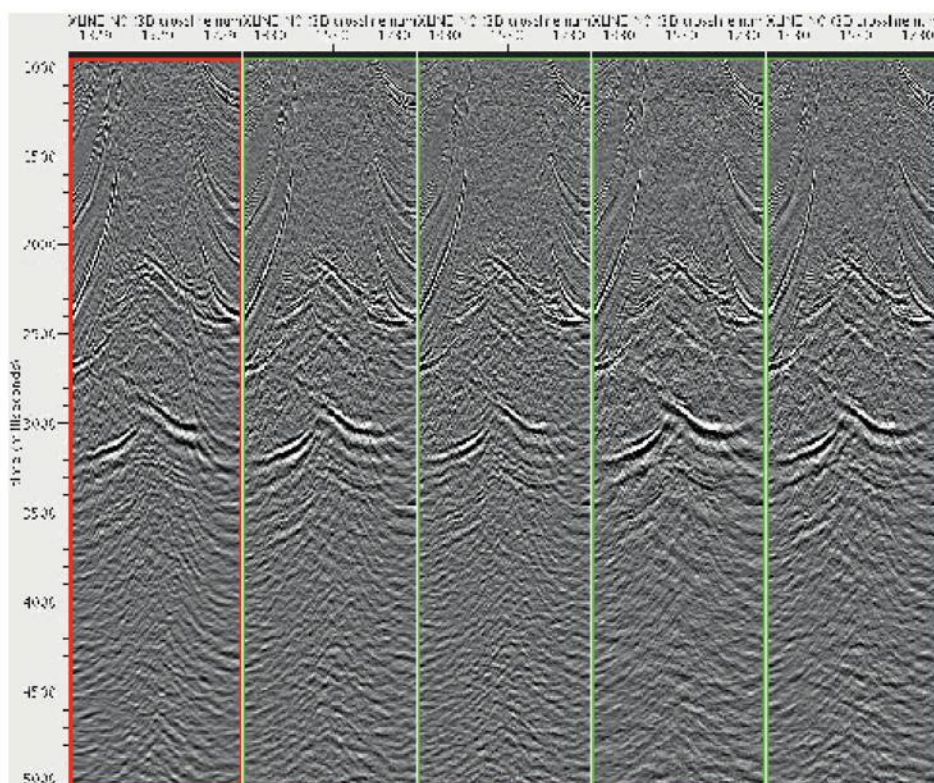


Рис. 8.
 Временные
 разрезы вдоль
 тестового
 профиля после
 временной
 миграции
 (1000–5000 мс),
 слева направо —
 разрезы
 взрывного
 источника,
 линейного
 сигнала,
 адаптивного
 сигнала,
 низкочастотного
 сигнала,
 широкополосного
 сигнала.

абсолютно безопасную работу виброустановки в области ультранизких частот.

Результат интерпретации

На основе временного разреза полученного широкополосного сигнала была построена геологическая модель, изучаемого пространства которая представлена на рис.10.

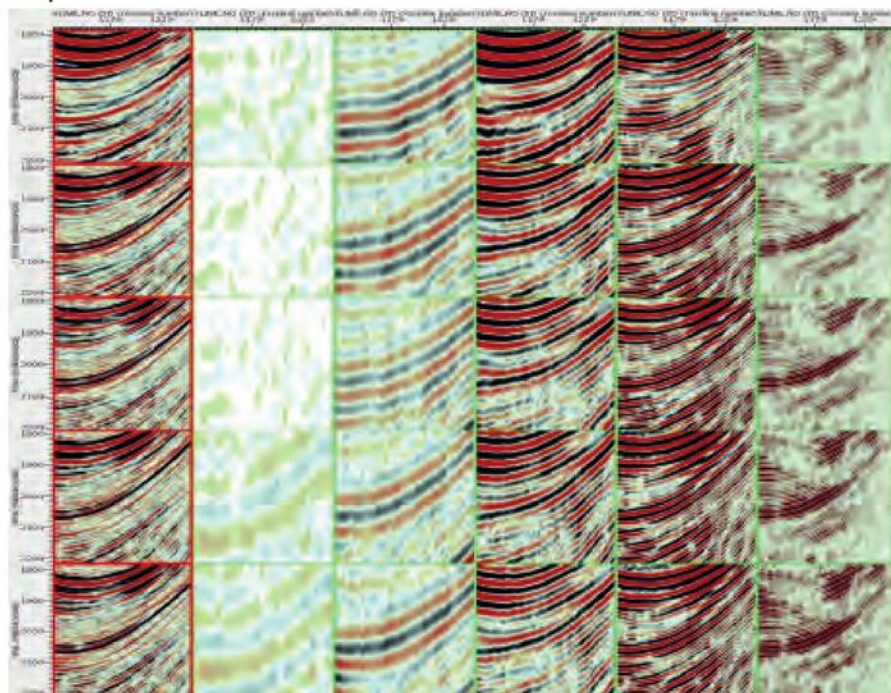


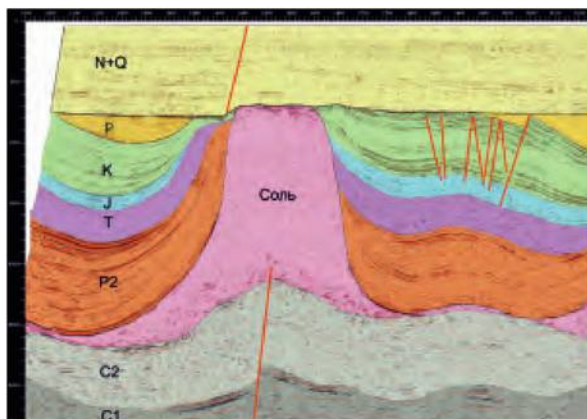
Рис. 9: Временные разрезы
 (1800–2200 мс, номер CDP
 1129–1259) после
 фильтрации по октавам
 (узкополосная фильтрация),
 слева направо —
 нефигурный
 временный разрез,
 3–6 Гц узкополосная
 фильтрация,
 6–12 Гц узкополосная
 фильтрация,
 12–24 Гц узкополосная
 фильтрация,
 24–48 Гц узкополосная
 фильтрация, сверху вниз —
 взрывные данные, данные
 линейного сигнала, данные
 адаптивного сигнала,
 данные низкочастотного
 сигнала, данные
 широкополосного
 сигнала.

Выводы

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Вибрационное возбуждение как минимум не уступает по качеству полученных результирующих данных взрывному.

2. Среди вибрационных сигналов



▲ Рис. 10. Результат интерпретации на основе широкополосных данных.

наиболее оптимальным является широкополосное возбуждение, позволяющие расширять спектр возбуждаемых колебаний как в сторону низких, так и высоких частот.

3. Вибрационное возбуждение можно рекомендовать изучение подземного пространство в Прикаспийской впадине. Наиболее оптимальном является широкополосное возбуждение.

Литература

1. Быстрова И. В., Смирнова Т.С. и др. Особенности палеотектонического развития астраханского свода и перспективы нефтегазоносности западной части прикаспийской впадины // Геология, география и глобальная энергия — 2017, № 3. С.77-86

2. Великанов Э.Б., Чуйков Ю.С. Об экологической обстановке в районе Астраханского газоконденсатного месторождения // Астраханский вестник экологического образования — 2014, № 14. С.192-200

3. Демидова Е.И., Ефимова Е.А., Захаров А.В., Быков В.Ю. Из истории Астраханского газового комплекса // Научный журнал Российского газового общества — 2016, №1. С.71-80

4. Жуков А.П., Коротков И.П. и др. Адаптивные технологии вибрационной

сейсморазведки. Часть 1 // Приборы и системы разведочной геофизики — 2021, № 2. С.44-57

5. Жуков А.П., Колесов С.В., Шехтман Г.А., Шнеерсон М.Б. Сейсморазведка с вибрационными источниками. Издательство ГЕРС, Тверь, 2011. С. 411

6. Кострыгин Ю.П. Сейсморазведка на сложных сигналах. Издательство ГЕРС, Тверь, 2002. С. 415

7. Öz Yilmaz. SEISMIC DATA ANALYSIS. Society of Exploration Geophysicists, 2001. 2065 p

Подробнее об авторах



Ван
Жуйчжэ

аспирант кафедры
сейсмометрии
и геоакустики МГУ
им. М.В. Ломоносова



Жуков
Александр Петрович

Генеральный директор
ООО “Геофизические
системы данных”
доктор технических
наук



Калимулин
Ренат Маратович

ведущий геофизик
ООО “Геофизические
системы данных”