

2. Опробование метода на известных месторождениях углеводородов (Таловское, Алексеевское) выявило совпадение геоэлектрохимических аномалий с контуром промышленной нефтегазоносности. При этом основным индикатором при геоэлектрохимических исследованиях следует считать распределение параметров, характеризующих концентрацию суммы микроэлементов, так как по ним получены наиболее четкие результаты.

3. Прогноз нефтегазоносности Заветной площади, данный по результатам геоэлектрохимического метода, подтвержден последующим бурением.

4. Имеющиеся в настоящее время данные позволяют считать, что геоэлектрохимический метод может быть использован в комплексе с другими методами геофизики при поисках нефтегазовых месторождений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антропова Л.В. Формы нахождения элементов в ореолах рассеяния рудных месторождений. Л.: Недра, 1975. 144 с.
2. Голубев В.С., Гарибянц А.А. Гетерогенные процессы геохимической миграции. М.: Недра, 1968. 191 с.
3. Путиков О.Ф. Геоэлектрохимические методы поисков и разведки. Учебное пособие. СПб., 1993. 117 с.
4. Рысс Ю.С. Геоэлектрохимические методы разведки. (Введение в геоэлектрохимию). Л.: Недра, 1983. 255 с.
5. Страхов В.Н. Основные направления развития теории и методологии интерпретации геофизических данных на рубеже XXI столетия. Ч. II // Геофизика. 1995. № 4. С. 10–20.
6. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика): Справочник геофизика / Под ред. Н.Б. Дортман. М.: Недра, 1984. 455 с.
7. Шигаев В.Ю., Михеев С.И., Шигаев Ю.Г. Способ геоэлектрохимического прогнозирования нефтегазоносности. Патент РФ № 2178189. БИ 2002. № 1.

НИИ Геологии Саратовского университета
Рецензент — В. П. Губатенко

УДК 550.834.53.04

Э.С. ШЕСТАКОВ

О ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ И ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОГО ПРИЕМА УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ В СОВРЕМЕННОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ

Рассмотрено состояние теории интерференционных систем, применяемых в сейсморазведке. Показано, что в рамках энергетической теории необходимо исследовать влияние формы сигнала, аддитивных и мультипликативных случайных помех на характеристики интерференционных систем.

Полезные волны, несущие информацию об изучаемом объекте, составляют лишь небольшую часть волнового поля, наблюдаемого при сейсморазведочных исследованиях. До внедрения в практику сейсморазведки лабораторной обработки сейсмограмм задача выделения полезных волн на фоне помех решалась исключительно с помощью полевых интерференционных систем — группированием источников и приемников сейсмических колебаний.

В 40–60 гг. XX в. отмечено бурное развитие теории интерференционного приема сейсмических колебаний, которая, опираясь на достижения радиофизики, теории связи и информации [1, 4, 11, 14], заимствовала в качестве аналитического аппарата спектральный подход. Началом систематических исследований в этом направлении следует считать работу А.А. Цветаева [17], практическим завершением формирования частотной теории сейсморазведочных интерференционных систем явилась монография Ф.М. Гольцмана [7]. И в настоящее время это наиболее полно и строго разработанная теория. В ней глубоко

исследованы вопросы анализа действия одномерных и многомерных систем как в отсутствии, так и в присутствии случайных помех. Органический недостаток частотной теории — необходимость спектрального описания характеристик волновых полей. Проблема заключается в том, что спектральный анализ, являясь дифференциальным методом, дает неустойчивые результаты в присутствии случайных помех и трудоемок в реализации. Эти обстоятельства сказались прежде всего при решении вопросов синтеза интерференционных систем на основе характеристик волнового поля. Именно поэтому в [7] в разделе, где рассмотрены вопросы синтеза, автор вынужден огрублять представление исходных данных и уходить от пространственно-частотного их представления к пространственно-временному.

Реакцией на описанную ситуацию явилась разработка энергетической теории интерференционных систем [2, 3, 6], оперирующей в пространственно-временной области. Обоснованием возможности отказа от спектрального описания волнового поля послужили результаты исследований

формы импульсов сигналов регулярных сейсмических волн [8, 9, 15, 16], было показано, что для волн, прошедших достаточно большой путь в среде (более 10—20 видимых длин волн), они вполне удовлетворительно аппроксимируются нуль-фазовым гармоническим сигналом с экспоненциальной огибающей (импульс Пузырева):

$$f(t) = a_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi) \cdot e^{-k^2 t^2}, \quad (1)$$

где a_0 — начальная амплитуда; ω — круговая частота гармонического сигнала; t — текущее время сигнала; φ — фазовый сдвиг; k — коэффициент затухания, регулирующий длительность импульса.

Таким образом, импульсные сейсмические сигналы описывались в пространственно-временной области тремя относительно устойчивыми параметрами — начальной амплитудой, видимым периодом и степенью затухания в импульсе. Эти характеристики достаточно просто получались при изучении волновой картины поверхностными методами, что и предопределило успех энергетической теории в решении задач синтеза интерференционных систем. Аналитический аппарат основывался на использовании функций коэффициента направленного действия (КНД).

Однако в «классическом» варианте энергетической теории [2, 3] не разрабатывались вопросы: влияние формы импульса регулярной волны на характеристики интерференционных систем; влияние случайной компоненты волнового поля; оценка влияния сложных зондирующих сигналов на характеристики интерференционных систем.

В практике сейсморазведочных работ недостатки частотной и энергетической теорий приводят к отказу от определения оптимальных характеристик полевых интерференционных систем, отказу от детального изучения параметров волнового поля и замене их обобщенными значениями. Центр тяжести в задаче выделения полезных волн и подавления волн-помех сместился в сторону обработки. Косвенно этому способствовало внедрение в практику сейсморазведки мощных обрабатывающих систем, работающих в интерактивном режиме. В настоящее время налицо тенденция к стандартизации полевых интерференционных систем, что при нелинейном характере процессов возбуждения и регистрации в принципе может препятствовать полному извлечению информации на этапе обработки. Из этого следует, что необходимо вновь обратиться к развитию теории интерференционных систем применительно к новым источникам упругих колебаний и современным регистрирующим системам.

Представляется целесообразным сосредоточить усилия в направлении развития энергетической теории интерференционных систем, поскольку практически значимый результат здесь может быть достигнут значительно быстрее. Поэтому на кафедре геофизики СГУ начаты инициативные научно-исследовательские работы по разрешению проблем энергетической теории.

Впервые влияние случайного фона на характеристики интерференционных систем в свете энергетической теории оценено в [12]. В [12] исследовано изменение КНД при появлении в вол-

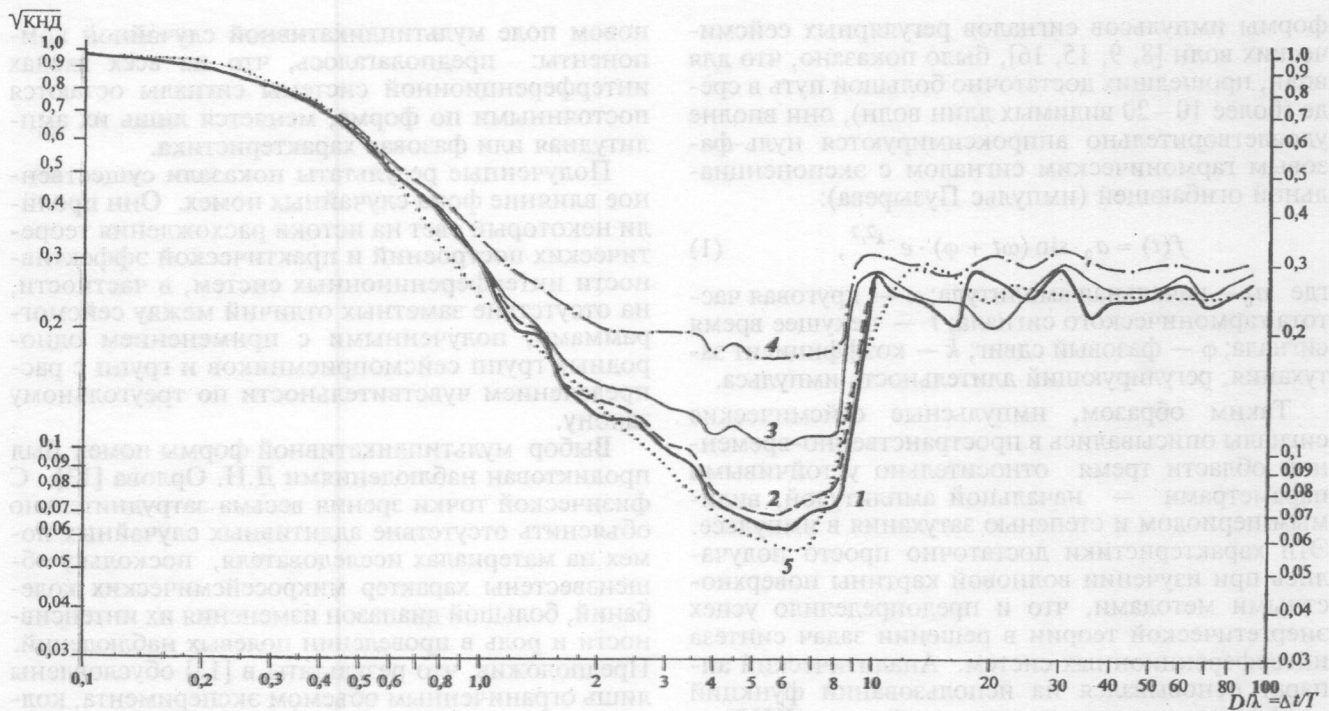
новом поле мультипликативной случайной компоненты: предполагалось, что на всех входах интерференционной системы сигналы остаются постоянными по форме, меняется лишь их амплитудная или фазовая характеристика.

Полученные результаты показали существенное влияние фона случайных помех. Они пролили некоторый свет на истоки расхождения теоретических построений и практической эффективности интерференционных систем, в частности, на отсутствие заметных отличий между сейсмограммами, полученными с применением однородных групп сейсмоприемников и групп с распределением чувствительности по треугольному закону.

Выбор мультипликативной формы помех был продиктован наблюдениями Д.Н. Орлова [13]. С физической точки зрения весьма затруднительно объяснить отсутствие аддитивных случайных помех на материалах исследователя, поскольку общеизвестны характер микросейсмических колебаний, большой диапазон изменения их интенсивности и роль в проведении полевых наблюдений. Предположив, что результаты в [13] обусловлены лишь ограниченным объемом эксперимента, коллектив студентов-геофизиков под руководством автора выполнил численный эксперимент по оценке влияния фона аддитивных случайных помех, имеющих квазинормальное распределение. Помимо этого оценено влияние формы импульса сигналов регулярных волн на характеристики интерференционных систем: в качестве сигнала регулярной волны рассматривался полуфинитный минимально-фазовый импульс Берлаге. Результаты по оценке влияния формы импульса опубликованы в [18], где показано, что форма импульса в существенной мере влияет на характеристики интерференционных систем. Для минимально-фазового импульса характеристики хуже, чем для нуль-фазового, кроме того, практически нивелируется зависимость характеристик от вида распределения чувствительности.

Что касается влияния аддитивной случайной помехи, то степень его оказалась даже большей, чем для мультипликативной, а характер влияния не изменился: увеличение среднеквадратической амплитуды помехи приводит к ухудшению направленных свойств систем.

Вопросы применения полевых интерференционных систем в литературе, посвященной сейсмической разведке на сложных зондирующих сигналах (например, методом «Вибросейс»), исследованы поверхностно [5, 10, 20]. Отмечается их особая роль, поскольку источники колебаний являются поверхностными и возбуждают широкий спектр интенсивных низкоскоростных помех. Отмечается также, что вибросейсмические сигналы в силу их большой длительности и квазигармонического характера по воздействию на интерференционные системы сходны с гармоническими. Что касается влияния случайной компоненты волнового поля на характеристики полевых интерференционных систем, то бытует мнение о ее полном подавлении при корреляционном преобразовании, поскольку излучаемые сигналы и случайная помеха не коррелированы.



Графики КНД однородной интерференционной системы с 12 элементами для ЛЧМ-сигнала длительностью 5 с, $\Delta f = 18-72$ Гц: 1 — без наложения случайного шума, построен по ФВК; 2 — без наложения случайного шума, построен по суммарному вибросигналу; 3 — со случайным шумом с $\sigma = 0,4$, построен по ФВК; 4 — со случайным шумом с $\sigma = 0,4$, построен по суммарному вибросигналу; 5 — импульсный режим без наложения случайного шума (двухпериодный импульс Пузырева)

Оценю влияния линейного частотно-модулированного сигнала (ЛЧМ-сигнала) в сочетании с наложением аддитивных случайных помех на характер изменения функции КНД. Описание эксперимента и его результатов содержится в [19]. Полученные данные сводятся к следующему: графики КНД линейных однородных стационарных интерференционных систем, рассчитанные для ЛЧМ-сигнала, подобны графикам, рассчитанным для двухфазного импульса Пузырева (рисунок); наличие аддитивной случайной помехи ухудшает характеристики интерференционной системы: глубина минимума в области гашения меньше, чем в отсутствии помехи; корреляционное преобразование снижает степень влияния случайной помехи, но не устраняет его.

Несмотря на то, что полученные результаты носят оценочный характер, из них с очевидностью следует вывод о необходимости продолжения исследований свойств интерференционных

систем применительно к сложным зондирующим сигналам.

В целом же перспективными направлениями следует считать: совершенствование методов изучения кинематических, динамических и статистических характеристик волновых полей; исследование свойств интерференционных систем по отношению к сложным зондирующим сигналам; сравнительную оценку эффективности интерференционных систем на возбуждении и приеме как следствие нелинейности процессов возбуждения, распространения и регистрации сейсмических волн; оценку влияния случайной компоненты волнового поля (аддитивной и мультипликативной) на свойства интерференционных систем.

Целесообразно также объединение частотного и энергетического подходов в рамках единой теории, что позволило бы четко разграничить их области применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айзенберг Г.З. Антенны ультракоротких волн. М.: Связьиздат, 1957. 669 с.
2. Беспятов Б.И. Некоторые вопросы теории группирования в сейсморазведке // Прикладная геофизика. № 25. М.: Гостоптехиздат, 1960. С. 20-36.
3. Беспятов Б.И. Методические основы повышения эффективности сейсморазведки методом отраженных волн // Труды НВ НИИГГ. Т. 16. Саратов: Изд-во СГУ, 1972. 266 с.
4. Вайнштейн Л.А., Зубаков В.Д. Выделение сигналов на фоне случайных помех. М.: Советское радио, 1960. 447 с.
5. Вибрационная сейсморазведка / Составители М.Б. Шнерсон, О.А.Погапов, В.А. Гродзенский и др. М.: Недра, 1990. 240 с.
6. Воюцкий В.С., Слуцковский А.М. Частотный анализ сейсмических колебаний. // Прикладная геофизика. № 8. М.: Гостоптехиздат, 1952. С. 185-190.
7. Гольцман Ф.М. Основы интерференционного приема регулярных волн. М.: Наука, 1964. 284 с.
8. Кириллов Ф.А. Сейсмический эффект взрыва. М.: Изд-во АН СССР, 1947. 62 с.
9. Косминская И.П. Амплитудные кривые и годографы фаз сейсмических волн, вызванных точечным источником расширения в однородном идеально-упругом безграничном пространстве // Изв. АН СССР. Сер. Геофизическая. 1952. № 6. С. 39-47.
10. Кострыгин Ю.П. Сейсморазведка на сложных зондирующих сигналах. М.: Недра, 1991. 176 с.
11. Миддлтон Д. Введение в статистическую теорию связи. М.: Советское радио. 1962. 831 с.

12. Орлов Д.Н., Михайлов В.А., Кузьмин Н.В., Хафизов И.А. Рекомендации по методике определения статистических характеристик сейсмической записи. Саратов: НВ НИИГГ, 1983. 34 с.
13. Орлов Д.Н., Потапова Т.В. К вопросу о структуре погрешностей в методе общей глубинной точки // Вопросы разведочной и промысловой геофизики. Саратов: Приволжское изд-во, 1971. С 26—31
14. Пистолькорс А.А. Антенны. М.: Связьиздат, 1947. 480 с.
15. Пузырев Н.Н. О фазовых искажениях и амплитудных характеристиках группирования сейсмоприемников на больших базах // Прикладная геофизика. № 17. М.: Гостоптехиздат, 1957. С. 3—15.
16. Пузырев Н.Н. Интерпретация данных сейсморазведки методом отраженных волн. М.: Гостоптехиздат, 1959. 451 с.
17. Цветаев А.А. Методы группирования в сейсморазведке. М.: Гостоптехиздат, 1953. 92 с.
18. Шестаков Э.С., Шаманов А.В. О влиянии формы импульса сигнала и аддитивного фона случайных помех КНД линейных продольных стационарных интерференционных систем. // Недра Поволжья и Прикаспия. № 29. Саратов: НВ НИИГГ, 2002. С. 39—44.
19. Шестаков Э.С., Игонин Д.В., Шаманов А.В. О влиянии случайных помех на характеристики интерференционных систем при использовании ЛЧМ зондирующих сигналов // Недра Поволжья и Прикаспия. № 34. Саратов: НВ НИИГГ, 2003. С. 49—54.
20. Шнейерсон М.Б., Майоров В.В. Наземная невзрывная сейсморазведка. М.: Недра, 1988. 233 с.

Саратовский государственный университет
Рецензент — С.И. Михеев

УДК 550.8.028:550.83.016

Е.Н. ВОЛКОВА, Ю.П. КОНЦЕНЕБИН, В.А. ИСАЕВ

ГРАВИТАЦИОННЫЕ АНОМАЛИИ В ПЛОСКОСТИ ХOZ ПРИ РЕАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ПЛОТНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД В РАЗРЕЗЕ

На примере моделирования сложнопостроенной ловушки нефти Карпенского пересечения на северо-западе бортовой зоны Прикаспийской впадины показаны методические основы нового приема обработки при решении различных геолого-разведочных задач и преимущества модельной схемы аномалий силы тяжести в вертикальной плоскости по сравнению с традиционными сейсмогравиметрическими моделями. Предложенный способ интерпретации позволяет не только проследить динамику формирования гравитационного поля, но и сформировать модельный эксперимент по оценке эффективности применения некоторых стандартных приемов преобразования потенциальных полей в задачах выявления основных гравитационных факторов на глубине.

Сложность и разнообразие геологического строения разрезов порождают многообразие способов и методов обработки информации, которые направлены на получение более достоверных результатов, выявление тонких геофизических эффектов от источника и достоверную интерпретацию геолого-геофизических материалов.

На примере моделирования сложнопостроенной ловушки углеводородов Карпенского пересечения на северо-западе бортовой зоны в Прикаспийской впадине показаны методические основы нового приема обработки для решения различных геолого-разведочных задач.

На рассматриваемой площади установлена приуроченность нефтегазоносных ловушек к нижнепермскому барьерному рифу в контурах узкой полосы, вытянутой вдоль крутого рифового тренда. В поле аномалий силы тяжести нижнепермскому барьерному рифу в плане отвечает резко выраженная гравитационная ступень, окаймляющая Прикаспийскую впадину с севера и запада и смыкающаяся на востоке с аналогичной гравитационной ступенью западного борта Предуральского прогиба. Отображение верхнедевонских и каменноугольных барьерных рифов северного и западного бортов Прикаспийской впа-

дины в геофизических полях имеет особенности. Так, в отличие от нижнепермского барьерного рифа франские, фаменско-турнейские и верхневизейско-нижнебашкирские органогенные постройки, как правило, не отображаются на картах аномалий силы тяжести. Гравитационный эффект от древних рифов нивелируется влиянием первой сверху гравиактивной границы — поверхности карбонатного палеозоя. Краевые и барьерные рифы Прикаспийской впадины в целом характеризуются двумя основными разновидностями ловушек; в виде седиментационно-тектонических и тектонических вдольбортовых локальных поднятий. Эти замкнутые поднятия в пределах нижнепермского барьерного рифа, как правило, существуют в узком интервале разреза, но отсутствие непрерывных устойчивых сейсмических отражений затрудняет поиск таких вдольбортовых поднятий традиционной структурной сейсморазведкой. Целесообразно привлекать в процессе интерпретации другие геофизические данные, в частности, гравиметрические, содержащие объективную информацию о геологическом строении и вещественном составе разреза, с использованием разнообразных процедур комплексирования (например, сейсмогравимагнитное модели-