

НОВЫЕ ТЕХНИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОЛЕВЫХ СЕЙМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

© 2014 г. С. И. Михеев, В. А. Селезнёв, Е. А. Зуб
ФГУП "Нижне-Волжский НИИ геологии и геофизики"

В НВНИИГТ с момента его создания активно проводятся работы по развитию теоретических основ и технологий геофизических исследований. Кроме того, обладая возможностью проведения полевых работ, институт до настоящего времени служит базой для опробования в полевых условиях новых технических средств и методических приемов других отечественных предприятий. К наиболее перспективным технологиям полевых сейсмических наблюдений, в разработке или опробовании которых в последние годы принимали участие специалисты института, по нашему мнению, следует отнести:

- беспроводную сейморазведку;
- адаптивную сейморазведку;
- регистрацию сейсмических колебаний с применением поляризационной фильтрации;
- технологии, в основу которых положены нелинейные модели сред.

Остановимся далее на обсуждении данных технологий и полученных на их основе материалов.

Появление и становление беспроводной сейморазведки определяется ставшей весьма актуальной в последние годы проблемой исследования труднодоступных областей, а также территорий населенных пунктов. Вместе с тем с труднодоступными регионами могут быть связаны высокие перспективы обнаружения новых месторождений углеводородов. Развитие и совершенствование сейсмических технологий изучения труднодоступных областей до настоящего времени сдерживались

широким использованием сейсмических кабелей в процессе регистрации данных. Беспроводные телеметрические сейсморегирующие системы (БТСС) снимают данную проблему. Такие системы основаны на использовании автономных полевых модулей со встроенной твердотельной памятью. Их применение обеспечивает ряд преимуществ перед системами с передачей данных по кабелю или радиоканалу:

- повышается производительность и мобильность полевых работ, так как исключается трудоемкая процедура смотки и размотки «кос» и, как следствие, снижается стоимость полевых сейморазведочных работ;
- уменьшается отрицательное воздействие геологоразведочных работ на окружающую среду. Это связано в первую очередь с тем, что исчезает необходимость в специальном автотранспорте для смотки-размотки «кос»;
- появляется возможность работать с неограниченным количеством каналов;
- обеспечивается возможность гибкого планирования систем наблюдения – интервалы между каналами в системе могут оперативно меняться;
- упрощается проведение многокомпонентной съемки;
- обеспечивается практически неограниченная длина записи;
- при использовании вибрационных источников сейсмических колебаний для последующей обработки и анализа сохраняется максимально возможный объем информации.

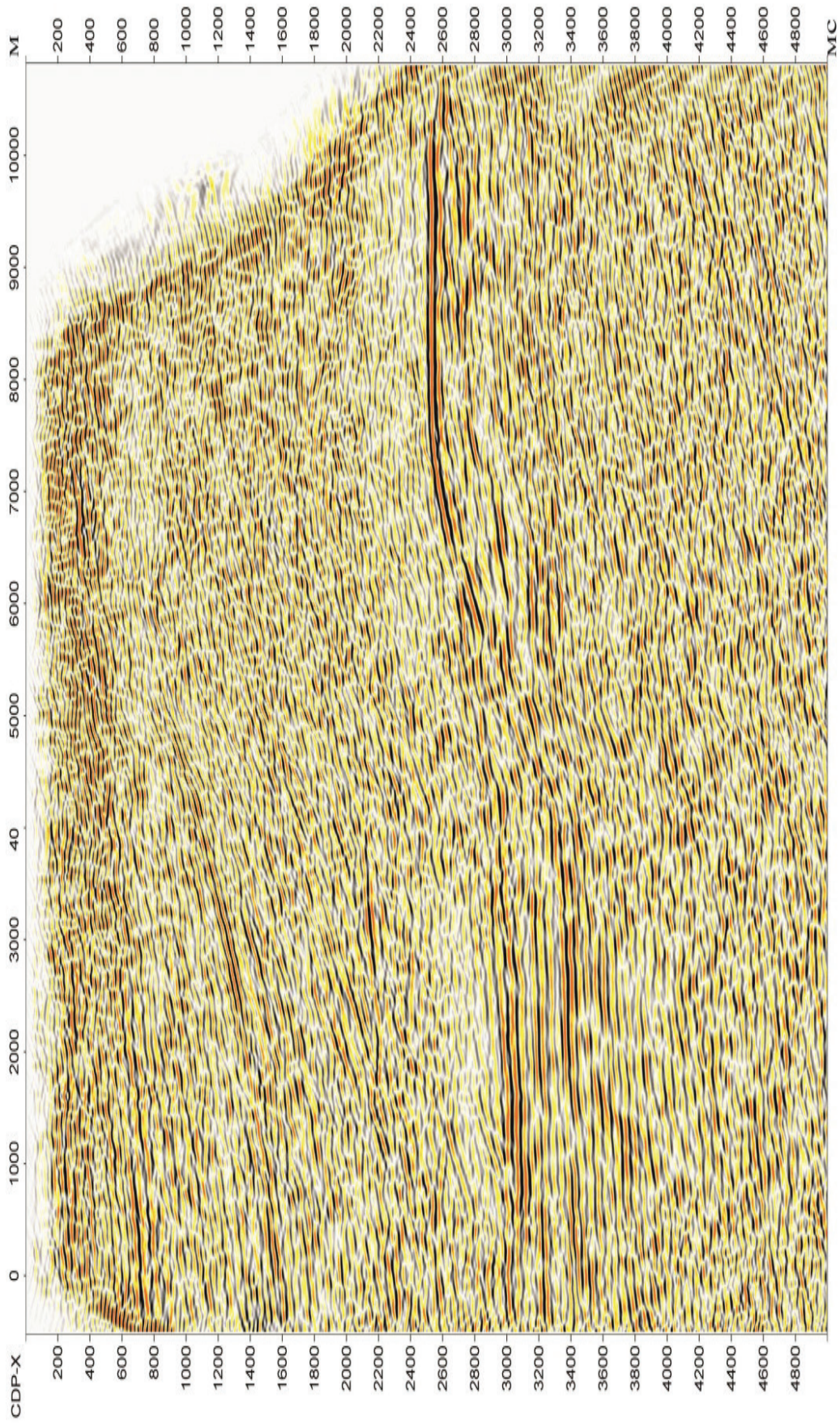


Рис. 1. Пример качества временного разреза ОГТ, полученного с применением БСПИ «SCOUT»
Профиль 085 Ф/09-07-19 А. Озинская зона

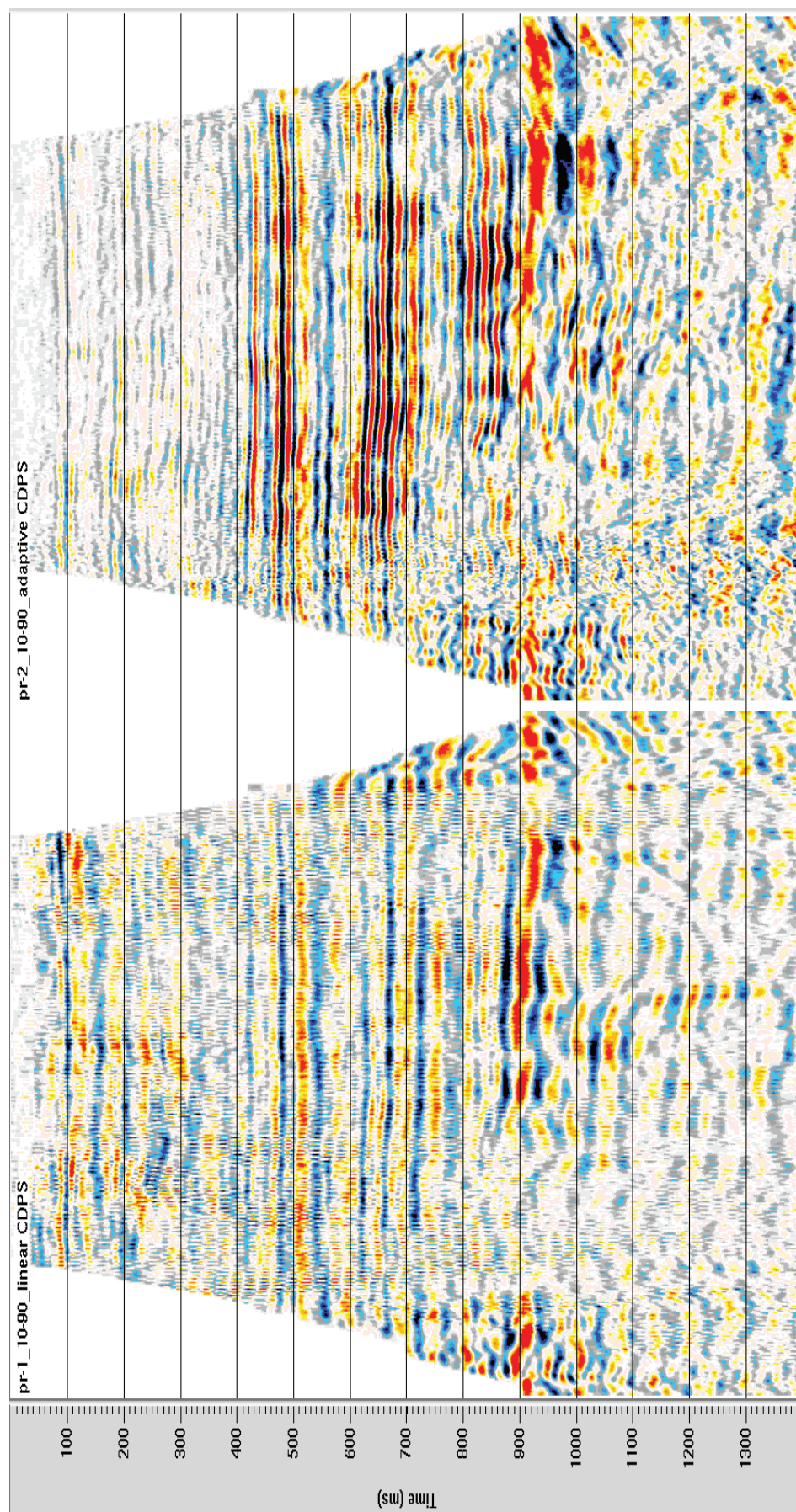


Рис. 2. Сравнение временных разрезов ОГТ опытного профиля № 11, корреляция с линейным (слева) и адаптивным (справа) свип-сигналом 10–90 Гц, Жигулёвско-Пугачёвский свод

Это достигается за счет регистрации виброграмм и имеет особое значение при разработке принципиально новых сейсморазведочных технологий, базирующихся на принципах многоуровневой, адаптивной и нелинейной сейсморазведки. В результате обеспечивается расширенная информационная база для решения методических задач, направленных на расширение динамического диапазона, разрешенности сейсмической записи, глубинности и геологической информативности исследований;

– уменьшается уровень помех при регистрации, так как «косы» создают эффект «кабельной волны» и увеличивают уровень микросейсм, а радиоканал повышает уровень электромагнитных помех.

Перечисленные преимущества обеспечивают выигрыш в финансовой, технологической, экологической областях, повышают гибкость, мобильность и производительность работ при одновременном снижении их себестоимости. В качестве примеров созданных в последние годы БТСС можно привести разработки таких известных фирм, как Sersel (UNITE, Франция), iSeis (SIGMA, США), UltraG5 (ASCENDGEO, США). Авторы статьи принимали участие в разработке и полевом опробовании первой отечественной БТСС «SCOUT» (ОАО «СКБ СП», Саратов). Она не уступает по характеристикам зарубежным аналогам, а по некоторым показателям и превосходит их.

Первое полевое испытание БТСС «SCOUT» прошло в период с 2010 по 2011 гг. в Озинской зоне Саратовской области силами Саратовской геофизической экспедиции ФГУП НВНИИГГ. В ходе испытаний было отработано 123 пог. км МОГТ-2 D с кратностью профилирования $k = 60$. Временной разрез ОГТ профиля 085 Ф/09–07–19 А, отработанного по технологии бескабельного сбора полевой геофизической информации (БСПГИ) (рис. 1), не уступает по прослеживаемости надсолевых и подсолевых отражающих гори-

зонтов, разрешенности сейсмических данных, уровню нерегулярных помех и др. временному разрезу, полученному с применением кабельной системы «Прогресс-ТЗ».

Обсуждая перспективы БТСС, следует обратить внимание, что сейчас осуществляется преимущественно техническое совершенствование бескабельных систем регистрации. С нашей точки зрения, не менее актуальна также разработка новых методических подходов, основанных на конструировании усложненных приемных апертур с повышенной помехоустойчивостью. Технология БСПГИ дает возможность принципиально иного подхода к системам наблюдения и открывает неограниченные перспективы в рамках «тотальной» сейсморазведки, когда можно будет плотной сетью автономных полевых модулей покрыть большие, в том числе и труднодоступные площади. В этом случае при последующей обработке данных возможна компоновка любых интерференционных систем, прокладка как прямолинейных, так и криволинейных линий наблюдения во всевозможных направлениях и многое другое.

Уже сегодня бескабельная телеметрическая система «SCOUT» оказывается на 20% дешевле лучших зарубежных телеметрических систем кабельного типа IO SCORPION, SERCEL. С учетом всех преимуществ ее использование в дальнейшем позволит снизить стоимость геологоразведочных работ в целом приблизительно на 20–28%.

Адаптивная сейсморазведка основана на идее адаптации комплекса технико-методических приемов сейсморазведки к изменяющимся сейсмогеологическим условиям производства геологоразведочных работ, а также к решаемым геологическим задачам. Далее рассматривается два направления развития данной идеи: адаптивная вибросейсморазведка (АВИС) и технология многоуровневой сейсморазведки (ТМС).

АВИС разработана ООО «Геофизические системы данных» [4] и впервые опробована

с участием авторов статьи в полевых условиях в 2009 году. Данная технология позволяет значительно снизить искажающее влияние верхней части разреза, повысить качество и прежде всего разрешенность полевого сейсмического материала. АВИС основана на использовании нелинейных свип-сигналов, адаптированных к сейсмогеологическим условиям каждой площадки возбуждения на профиле. Обычно для всего профиля и всей изучаемой площади используется единая форма сигнала возбуждения. Недостатком стандартного метода является невозможность гибкого учета меняющихся вдоль профиля поверхностных и глубинных сейсмогеологических условий района работ. В технологии АВИС адаптация сигнала к каждой площадке возбуждения осуществляется в автоматическом режиме на основе анализа амплитудных спектров сейсмических записей в целевом интервале и ее инвертирования при синтезировании адаптированного свипа. Для реализации технологии используются специализированные блоки управления вибраторами «GDS» и специальное программное обеспечение «VibroEqualizer». Указанные блоки могут устанавливаться на любые вибраторы и сейсмостанции. АВИС реализуется в несколько этапов:

1. генерация линейного свип-сигнала на каждом ПВ при первом накоплении;
2. регистрация отклика от геологической среды;
3. анализ виброграммы с помощью программы «VibroEqualizer», расчет корректирующих коэффициентов;
4. передача корректирующих коэффициентов в блок «GDS»;
5. расчет нового свип-сигнала с использованием корректирующих коэффициентов и передача данного адаптированного свипа в вибрационные источники сейсмических колебаний для генерации последующих воздействий.

В настоящее время технология АВИС активно используется в производственном режиме СГЭ НВНИИГТ при проведении сейсморазведочных работ. Для примера на рисунке 2 приведен монтаж временных разрезов ОГТ опытного профиля № 11, полученных при корреляции виброграмм с линейным и адаптивным свип-сигналами, сгенерированными в частотном диапазоне 10–90 Гц. Профиль располагался в пределах Жигулёвско-Пугачёвского свода. Сопоставление представленных на данном рисунке временных разрезов убедительно свидетельствует о преимуществах технологии АВИС. Выигрыш в качестве сейсмического материала отмечается и в части повышения разрешенности сейсмической записи, и в части улучшения прослеживаемости отражающих горизонтов.

Другим направлением развития идеи адаптации в сейсморазведке является оптимизация направленных свойств полевых интерференционных систем на разные глубинные уровни [7], учет при вибрационном преобразовании виброграмм дисперсии скоростей [6].

Концептуальной идеей оптимизации направленных свойств полевых интерференционных систем на разные глубинные уровни является отработка в поле сейсмических профилей с минимальными базами группирования элементов интерференционных систем с последующим синтезом на лабораторном этапе баз, оптимизированных для всех целевых интервалов разреза. Оптимальная база группирования сейсмоприемников выбирается с целью достижения хорошей прослеживаемости отражающих горизонтов при сохранении высокой разрешенности сейсмических разрезов. Эффект изменения качества прослеживания надсолевых границ на временном разрезе ОГТ за счет адаптации свойств интерференционной системы наблюдения на разные глубинные уровни иллюстрируется рисунком 3. На нем верхнему разрезу соответствует минимальная база группирования эле-

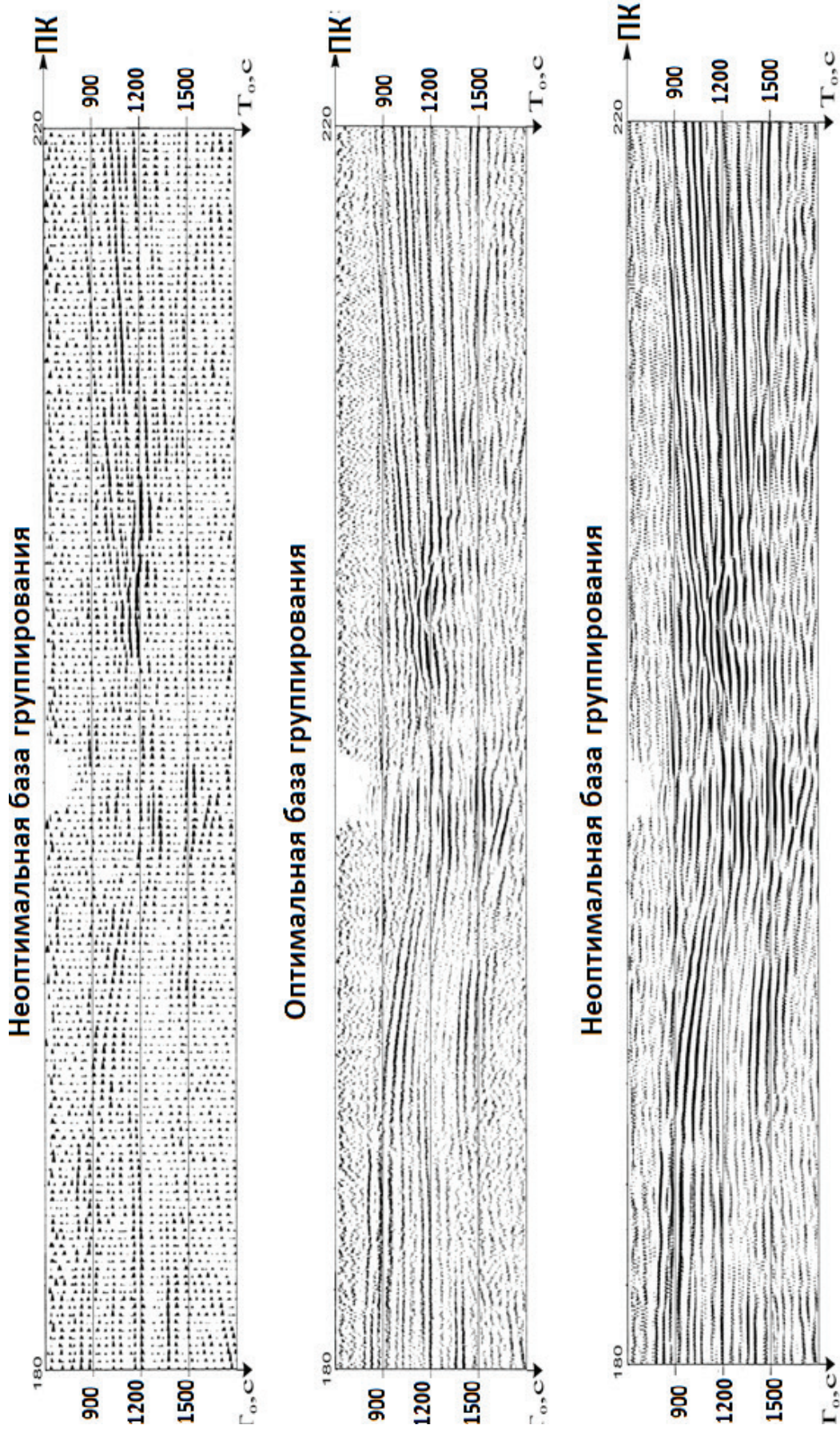


Рис. 3. Эффект изменения качества прослеживания надсолевых границ на временном разрезе ОГТ за счет адаптации свойств интерференционной системы наблюдения на разные глубинные уровни. Верхнему разрезу соответствует минимальная база группирования элементов интерференционной системы, нижнему – максимальная

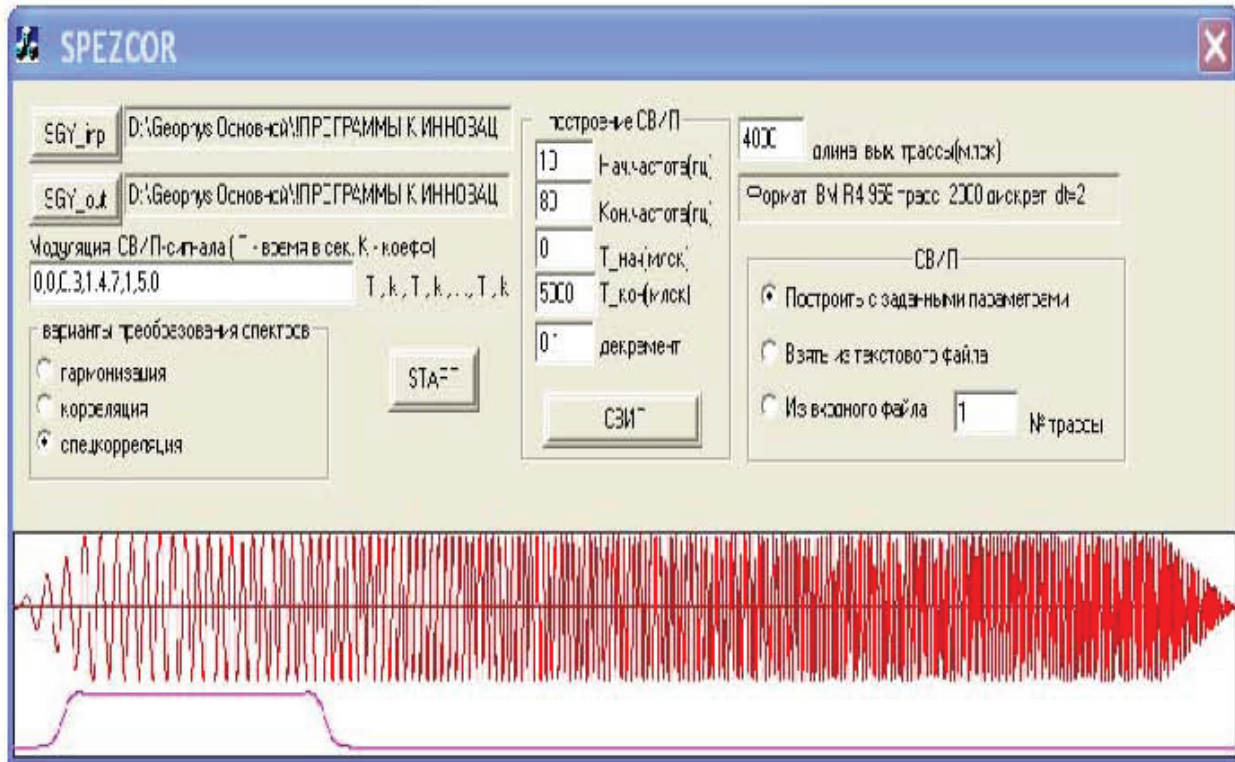


Рис. 4. Рабочее окно программы SPEZCOR

ментов интерференционной системы, нижнему – максимальная. В первом случае отражающие границы прослеживаются недостаточно уверенно, во втором – запись становится мало разрешенной, динамическая выразительность волнового поля снижается. Оптимальная база обеспечивает хорошую прослеживаемость и одновременно достаточную разрешенность сейсмических данных.

Для учета дисперсии скоростей в вибрационной сейсморазведке авторами предложен новый способ преобразования виброграмм [6], в котором предусмотрена компенсация искажений фазовых спектров опорных сигналов в среде. Как показано в работе [1], наиболее значительные искажения формы сейсмического сигнала в средах с частотно-зависимым затуханием связаны не с изменением амплитуд гармонических составляющих сигналов, а с изменениями их фазовых спектров. В свою очередь, искажения фазовых характеристик сейсмических сигналов в среде связываются с эффектом дисперсии скорости.

Однако, вопреки вышесказанному, в практике вибросейса такие искажения не учитываются [3, 5]. На настоящий момент нами предложено программно-алгоритмическое обеспечение, восполняющее данный пробел. Рабочее окно разработанной с этой целью программы SPEZCOR показано на рисунке 4. Характеристика частотно-зависимого затухания, необходимая для вычисления свип-сигнала со скорректированным фазовым спектром перед корреляционным преобразованием, задается декрементом затухания. Применение обсуждаемого программно-алгоритмического комплекса в условиях внутренней бортовой зоны Прикаспийской впадины, на территории Ставропольского свода и др. во всех случаях повысило качество сейсмического материала.

Регистрация сейсмических колебаний с применением поляризационной фильтрации. Физико-геологические предпосылки такой фильтрации основаны на том, что в общем случае поляризация волн-помех отличает-

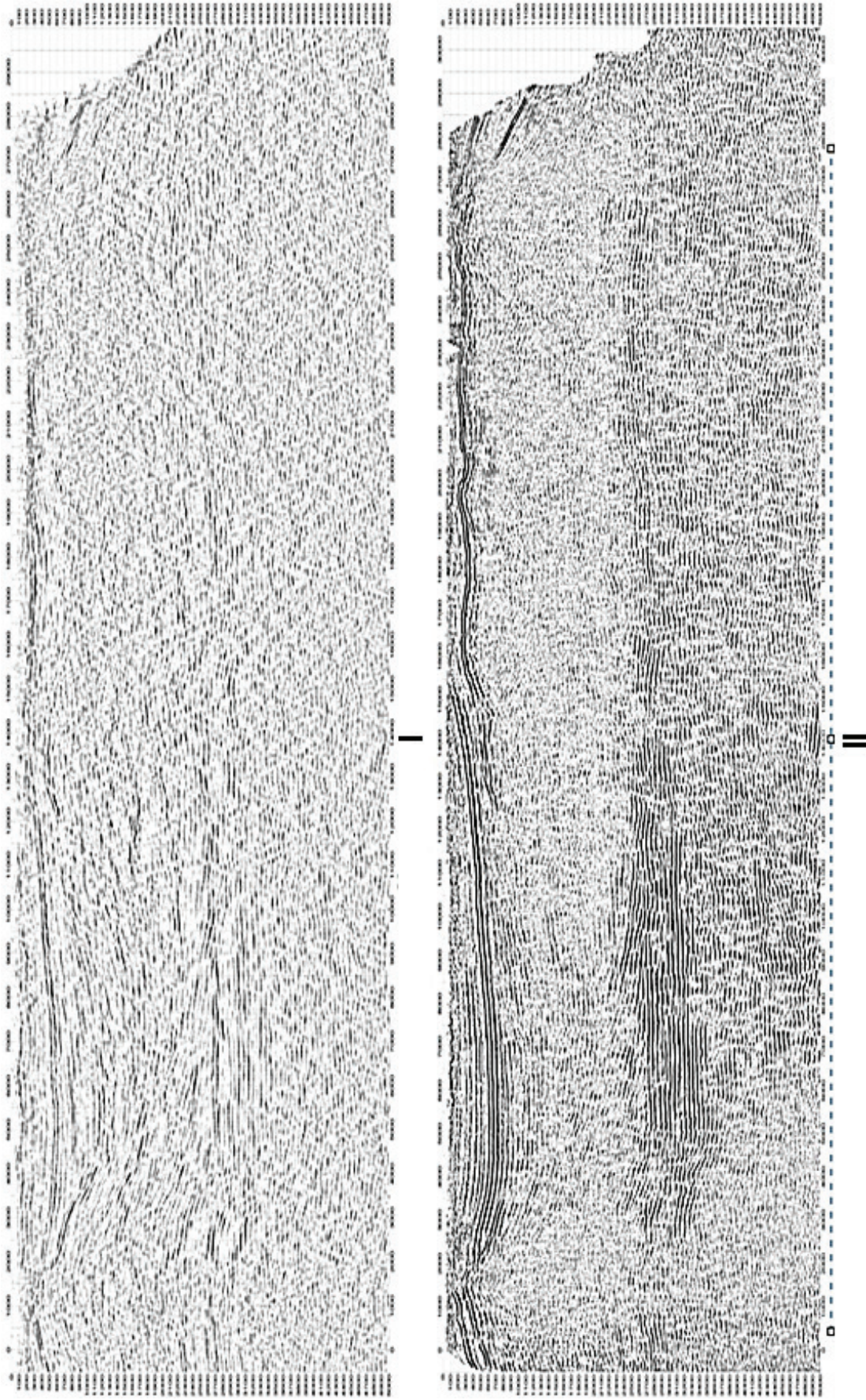


Рис. 5. Подавление волн-помех за счет поляризационной фильтрации.
Профиль 085 Ф/09-07-21 (Прикаспийская впадина)
Временной разрез стандартного ОГТ (I) и разрез в случае применения поляризационной фильтрации (II)

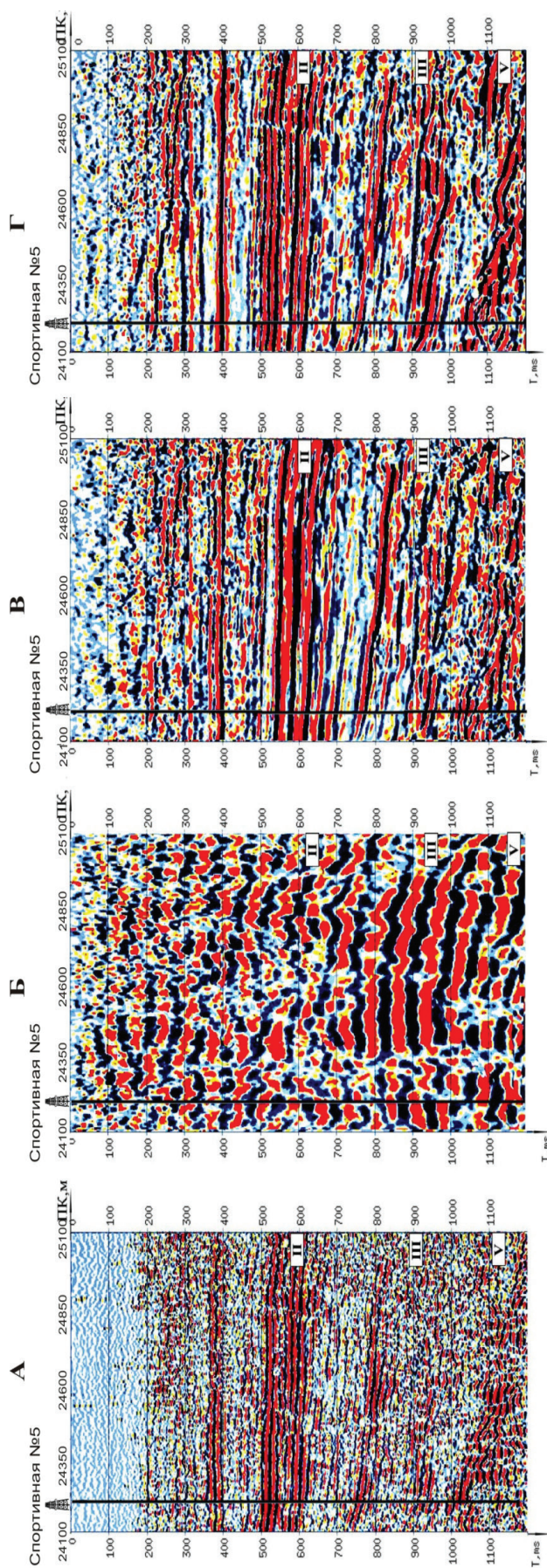


Рис. 6. Монтаж фрагментов временного разреза ОГТ профиля 070501

А, Б, В, Г – разрезы, вычисленные по второй гармонике, сумме основного сигнала + вторая гармоника + субгармоника соответственно

ся от поляризации целевых волн. Это позволяет повысить отношение сигнал/помеха, а также выделить волны различного типа (продольные, поперечные, обменные) за счет формирования требуемой характеристики направленности в сконструированной поляризационной установке. Практическая реализация обсуждаемого подхода основана на применении в поле двухкомпонентных приемных платформ с наклонно установленными сейсмоприемниками. Суммирование сигналов, регистрируемых различными компонентами, формирует требуемую характеристику направленности первого рода. На конструкцию платформы Центральным сертификационным органом системы сертификации геофизической продукции Госстандарта РФ выдан сертификат соответствия. Вследствие методических особенностей реализации и достигаемого положительного эффекта основанная на применении обсуждаемых платформ модификация сейсморазведки названа «высоконаправленной».

Убедительные результаты поляризационной фильтрации получены в различных сейсмогеологических условиях. В качестве примера приведем материалы для сложных условий внутренней части бортовой зоны Прикаспийской впадины. Выигрыш от применения обсуждаемой фильтрации в качестве материала наблюдается здесь как для надсолевого, так и для подсолевого интервалов разреза (рис. 5). Временной разрез стандартного ОГТ (рис. 5-Г) значительно уступает по качеству разре-

зу, полученному в случае применения в поле поляризационной фильтрации (рис. 5-II).

Технологии, основанные на нелинейных моделях сред. Известные сейсморазведочные технологии в подавляющем большинстве случаев основываются на линейных моделях сред. Усложнение таких моделей за счет учета в них нелинейных явлений и процессов открывает возможности разработки принципиально новых сейсморазведочных технологий. К таким относятся, например, технологии, учитывающие наличие волн-гармоник в вибросейсморазведке [2]. В общепринятой практике такие волны рассматриваются как помехи. Между тем в них содержится значительный объем дополнительной ценной информации о строении и свойствах изучаемых сред. Причем положительный эффект от учета волн-гармоник может проявляться как в улучшении прослеживаемости отражающих горизонтов и разрешенности сейсмической записи, так и в расширяющихся возможностях вычислять новые показатели нефтегазоносности разреза [2]. Существенный прирост информативности временного разреза ОГТ за счет учета нелинейных волн демонстрируется на рисунке 6, где приведены материалы, полученные в пределах Новоузенского участка Саратовской области. Обсуждаемые работы были инициированы специалистами НВНИИГГ, полевые сейсмические профили отработаны силами ОАО «Запприкаспийгеофизика». На рисунке 6 показан монтаж фрагментов временного разреза ОГТ регионального профиля 070501. Фрагменты получены для второй гармоники (рис. 6-А); для субгармоники (рис. 6-Б); для

основного сигнала (рис. 6-В), в случае суммирования основного сигнала – второй гармоники и субгармоники (рис. 6-Г). Анализ различных вариантов вычисления обсуждаемых разрезов ОГТ свидетельствует о том, что вторая гармоника сопоставима по информативности с основным сигналом. Менее информативна субгармоника, для которой начальная и конечная частоты в два раза меньше по сравнению с основным сигналом. Но и она, судя по рисунку 6-Б, несомненно, несет информацию о глубокозалегающих интервалах разреза. При одновременном учете в корреляционном преобразовании наряду с основным сигналом второй гармоники и субгармоники значительно улучшается и прослеживаемость отражающих горизонтов, и разрешенность волнового поля (сравни рис. 6-В и 6-Г). С нашей точки зрения, важно подчеркнуть простоту практической реализации приемов нелинейной сейсморазведки. В наиболее простом варианте достаточно представить с поля на вычислительный центр не коррелограммы, а виброграммы. Однако наибольшую эффективность обсуждаемого подхода можно обеспечить, формируя требуемую для регистрации волн-гармоник характеристику направленности полевых интерференционных систем.

В заключение отметим, что все вышеописанные новые технологии производства сейсморазведочных работ находятся на разных стадиях опытно-промышленного применения, уже доказали свою высокую эффективность и имеют хорошие перспективы в плане расширенного внедрения в практику нефтегазопроисловых работ.

Л и т е р а т у р а

1. Авербух А. Г. Изучение состава и свойств горных пород при сейсморазведке. – М.: Недра, 1982. – 232 с.
2. Жуков А. П., Шнеерсон М. Б. Адаптивные и нелинейные методы вибрационной сейсморазведки. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 100с.
3. Сейсморазведка с вибрационными источниками /А. П. Жуков, С. В. Колесов, Г. А. Шехтман, М. Б. Шнеерсон. – Тверь: изд-во «ГЕРС», 2011. – 412 с.

4. Адаптивная вибросейсморазведка в условиях неоднородного строения верхней части геологического разреза /А. П. Жуков, И. В. Тищенко, Р. М. Калимулин, В. С. Горбунов, А. И. Тищенко // Технологии сейсморазведки. – 2011. – № 2. – С. 5–12.

5. Кострыгин Ю. П. Сейсморазведка на сложных сигналах. – Тверь: изд-во «ГЕРС», 2002. – 416 с.

6. Пат. 2159945 Российская Федерация, МПК G 01V1/00. Способ многоуровневой вибросейсморазведки /С. И. Михеев, В. А. Михайлов, В. А. Живодров, О. П. Резепова, Г. А. Бутенко; заявка № 1907111785/28; заявл. 02.03.2000; опубл. 07.01.2001. – Бюл. № 17. – 3 с.

7. Пат. 2375725 Российская Федерация, МПК G 01V11/00. Способ сейсмической разведки /С. И. Михеев, А. С. Михеев; заявка № 2008125315/28; заявл. 25.06.08; опубл. 10.12.2009. – Бюл. № 34. – 4 с.

УДК 550.83.05

О НЕОБХОДИМОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ОТРАБОТКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ

© 2014 г. М. И. Рыскин

Саратовский госуниверситет

Необходимость создания государственной сети опорных региональных геофизических профилей обозначена еще Федеральной программой развития минерально-сырьевой базы РФ на 1994–2000 годы [1]. Тем самым предполагалось исправить положение, когда отдельные фрагменты крупных территорий подвергались детальному изучению крупномасштабными съемками, а общего представления об их геологическом строении не было. При реализации программы намечалось построить подобные участки в целостную пространственную систему и решить такие задачи, как установление основных закономерностей глубинного геологического строения нефтегазоносных бассейнов и горнорудных районов; оценка ресурсного потенциала и повышение лицензионной привлекательности нераспределенного фонда недр и др. По полученным данным намечалось также определять первоочередные направления геологопоисковых работ.

Региональный профиль Уварово-Свободный протяженностью 360 км, на примере которого демонстрируется необходимость комплексирования методов (профиль 1), и три субмеридиональные рассечки (профили 2–4)

общей протяженностью 290 км проложены по территории Саратовской области в малоизученной зоне сочленения Воронежской антеклизы с Рязано-Саратовским прогибом. Использован комплекс методов, включающий сейсморазведку МОГТ-2 D, электроразведку ЗСБ и профильные гравимагнитные наблюдения. Сейсмо- и электроразведочные исследования выполнены силами Саратовской геофизической экспедиции (СГЭ) ФГУП «Нишне-Волжского НИИ геологии и геофизики» (НВНИИГГ), а гравимагнитные – сотрудниками кафедры геофизики Саратовского госуниверситета (СГУ) [2]. Работы проводились в 2006–2009 гг.

Профильные высокоточные гравиметрические полевые работы осуществлены двумя приборами ГНУ-К2 с инструментальной погрешностью 0,03–0,05 мГал, с применением опорной сети, производством контрольных измерений в объеме 10% от общей протяженности профилей и с расстоянием между точками наблюдений 200 м. Профильные высокоточные магнитометрические полевые работы проведены двумя магнитометрами ММП-203 с расстоянием между точками 25 м. Профильные данные увязывались с фондовыми мате-