

2 ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ И АППАРАТУРЫ

2.1 АППАРАТУРНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ ПО СЕЙСМИКЕ

В 1973 г. основные усилия в области *сейсмических аппаратурных разработок* были направлены на усовершенствование *полевой цифровой аппаратуры типа СД-10*. В 1971—72 гг. образец, изготовленный в порядке международного сотрудничества, был снабжен регистратором с 9-дорожечной магнитной лентой, поскольку такой формат является наиболее удобным для обработки на ЭВМ. Для обеспечения существующих потребностей в 21-дорожечном формате, одновременно с выпуском полевой серии основного типа аппаратуры (рис. 29 и 30), был создан опытно-конструкторский образец ее 21-дорожечного варианта.

Новый магнитный регистратор, устройства управления и форматов были разработаны Народным предприятием «Геофизика», Лейпциг, в то время, как венгерские узлы аппаратуры были соответствующим образом переделаны ЭЛГИ.

Опытно-конструкторский образец был создан в 1973 г. и подвергнут сравнительным испытаниям с аппаратурой DFS-III Треста нефтяной и газовой промышленности.

Начата разработка более современной системы регулирования усиления, преобразователя аналог-код из полевого устройства воспроизведения. Для удобства пользования система кодирования, дающая команду взрыва и отметку момента, была совмещена с схемой взрывной машинки.

Новым направлением в аппаратурных исследованиях была разработка *сейсмического аппаратурного комплекса для морских работ*, в основе которого лежит аппаратура типа СД-10. На первом этапе разработки аппаратура была подвергнута испытанию на климатическую устойчивость, в результате чего были определены и предусмотрены необходимые технологические изменения.

В области вычислительной техники заслуживает внимания работа по подключению диска типа SPERAC MD-17 к ЭВМ Минск-32 (рис. 31). Для этой цели селекторный канал процессора ЭВМ был переделан чтобы

обеспечить необходимое быстродействие, равное 156 кбайт/сек. Новое устройство обеспечивает одновременное присоединение 4 дисков и представляет собой установку третьего поколения.

Пачка дисков содержит 6 дисков с 200 дорожками по каждой стороне, причем отдельные дорожки подразделяются на 20 секторов. Минимальный объем информации состоит из 3601 символа в поддорожечном режиме и 126 символов в посекторном режиме, причем максимальный объем информации, передаваемой в один шаг, составляет 10 дорожек (1 символ ЭВМ Минск-32 содержит 7 разрядов).

В первой команде ЭВМ сообщает устройству управления применяемый способ передачи информации и локализацию соответствующих дорожек или секторов. Устройство управления хранит эти данные в своих регистрах адресов и режимов, направляет диск на соответствующую дорожку и сигнализирует готовность. После второй команды ЭВМ, сообщающей тип передачи информации (отсчитывание, запись или запись с контролем), устройство управления проверяет головки дорожек или секторов, соответственно, и начинает передавать информацию.

С использованием *универсального устройства для подключения к ЭВМ внешних устройств*, разработанного в 1972 г., две маломощные вычислительные машины были подключены в качестве «спутников» к ЭВМ Минск-32. Обе системы предназначены для осуществления системы с целью дистанционной обработки данных.

Система Минск-32 — ТПА (организация-изготовитель — Центральный физический научно-исследовательский институт) была представлена на Московской выставке Унифицированной системы ЭВМ. Опытная система, созданная с машиной 1010 Б завода ВИДЕОТОН с успехом демонстрировалась на национальных выставках.

Комплекс программ для обработки сейсмических данных был дополнен следующими программами: ускоренная горизонтальная миграция, вертикальная миграция, нелинейная миграция, ввод кинематических поправок с линейной и параболической интерполяцией, переквантование, вычисление авто- и ретро корреляционных разрезов, оптимальное весовое накопление, автоматическая коррекция статических поправок, веерная фильтрация, цифровая АРУ, фильтр-пробка, цифровая фильтрация алгоритмом FFT.

Программа для ввода кинематических поправок с интерполяцией позволяет осуществлять трансформацию

$$S \left(\sqrt{t_0^2 + \frac{x^2}{v^2(t_0)}} \right) \rightarrow S^*(t_0)$$

с высокой точностью. Поскольку в большинстве случаев момент $\sqrt{t_0^2 + \frac{x^2}{v^2(t_0)}}$ не совпадает с местом выборки, передаваемая функциональная величина определяется и по соседним значениям путем линейной или параболической интерполяции.

При исследовании больших глубин преимущество метода интерполированных кинематических поправок перед стандартным методом пока не сказывается на результатах. Однако, при сейсмическом исследовании небольших глубин, когда приходится иметь дело с повышенными частотами и пониженными величинами скоростей, интерполяция, повидимому, играет значительную роль в подавлении искажающего эффекта кинематических поправок.

Принцип авто- и ретрокорреляционных разрезов хорошо известен из литературы (см. ANSTEY, N. A. — NEWMAN, P., 1966: *The sectional auto-correlogram and the sectional retro-correlogram. Geophysical Prospecting, Vol. 14. No 4.*). Автокоррелограмма позволяет определить периоды кратных волн, содержащихся в разрезе, а ретрокоррелограмма предназначена для выделения самих кратных отражений. Данная операция эффективно использовалась применительно к разрезу *На д ь э д ь х а з а - 5 / 7 3*, где предстояло выяснить механизм образования кратных волн (рис. 32). Автокорреляционный разрез показывает, что кратные волны образуются где-то в интервале около 360—500 мсек. По ретрокорреляционному разрезу уверенно определяется источник кратных волн, представленный основанием, выделяющимся в интервале 450—500 мсек и отличающимся значительным скоростным контрастом.

Оптимальное весовое накапливание позволяет проводить суммирование трасс ОГТ с изменяющимся во времени взвешиванием. В результате этой операции выражается сходство данной трассы с невзвешанной трассой. Преимущество этого метода заключается в возможности исключения энергетических разниц между трассами ОГТ.

Программа автоматической коррекции статических поправок может применяться для трасс ОГТ после ввода кинематических и первичных статических поправок. Временные смещения между трассами ОГТ определяются по функции взаимной корреляции в заданном временном окне и остаточные статические поправки вычисляются по этим смещениям итерационным приемом (см. HILEMAN,

J. A.—EMBREE, P.—PFLUEGER, J. C., 1968: Automated Static Corrections. Geophysical Prospecting, Vol. 16. No 3). Для усовершенствования метода для случая неблагоприятных условий сигнал/шум, был разработан вариант, в котором любой канал может быть подобран эталонным. В новой программе эталонным каналом, т. е. каналом, к которому приводятся взаимные корреляции, может быть суммо-трасса, трасса с наименьшим расстоянием или синусная волна заданной частоты.

На рис. 33а представлена гистограмма распределения остаточных статистических поправок в процессе итерационных операций. Сначала получается приблизительно нормальное распределение, вторая итерация не вносит значительного улучшения по сравнению с первой.

Как видно из рис. 33б, если в качестве эталонного выбирается канал с наименьшим расстоянием, то уменьшается разброс данных. Интересна, что после первого шага итерации получается подобное распределение статистических поправок как и в первом случае.

Программа *миграции* была усовершенствована с таким расчетом, чтобы она могла применяться и для любого количества каналов, в соответствии с лучевой диаграммой. На рис. 34 приведены некоторые результаты моделирования, проведенного для выявления влияния количества трасс и неточности функции скоростей на эффективность миграции по подавлению дифракций.

2.2 АППАРАТУРНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ ПО ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКЕ

В 1973 г. был начат серийный выпуск *низкочастотной электроразведочной аппаратуры переменного тока* (см. *Годовой отчет* за 1972 г.). Для зондирования средних глубин разрабатывается современная *прямоточная аппаратура*.

Создан научно-методический образец аппаратуры метода ВП, работающей в области частот и разработанная за предыдущие годы (см. *Годовой отчет* за 1972 г. Образец был подвергнут полевым испытаниям для определения параметров опытно-конструкторского образца.

Проведенные полевые и одновременные лабораторные испытания показали, что некоторые из наших теоретических соображений не действительны при полевых условиях, в связи с чем в своем современном виде аппаратура не пригодна для проведения производственных работ.

По линии методических разработок, машинная обработка данных, получаемых стандартными электроразведочными методами, т. е. методами МТЗ, ТТ и ВЕЗ, была разработана за предыдущие годы. Однако, за последнее время были поставлены новые геологические задачи, для решения которых было необходимо внедрить новые электроразведочные методы. Для поиска бокситовых месторождений, залегающих на небольших глубинах, был разработан скважинный метод потенциального картирования (СМПК), в то время, как для выявления структур, подстилающих экранирующий пласт высокого сопротивления, применялся метод становления электромагнитного поля.

Скважинный метод потенциального картирования представляет собой усовершенствованный вариант метода потенциального картирования, комбинированный с измерениями в скважинах. При изучении бокситовых залежей сложного строения, применение одного наземного метода потенциального картирования связано с затруднениями. В связи с экранирующим эффектом зоценовых карбонатов, отличающихся высокими ве-

личинами сопротивления, только небольшая доля тока внедряется до триасового основания. Поскольку глубина залегания последнего составляет около 100—200 м, а прогибы в его поверхности имеют амплитуду ок. 10 м и горизонтальное протяжение около 100—300 м, они вызывают сравнительно небольшие по величинам аномалии проводимости. В СМПК этот эффект оказывается менее значительным, так как одна из электрод опускается в скважину ниже экранирующего слоя (рис. 35). Для интерпретации геологическая модель (рис. 35а) аппроксимируется теоретической моделью (рис. 35б), т. е. основание бассейна заменяется идеальной плоской поверхностью. Если измерить напряженность поля над реальной моделью (кривая E_M) и вычесть из нее эффект теоретической модели (кривая E_0), то получаемая кривая (σ_a) будет отражать строение малых структур, находящихся в основании бассейна.

Программа для определения распределения теоретической напряженности поля использует, в качестве входных данных, разнос электрод и параметры, полученные в скважине; по этим данным программой вычисляется напряженность поля E_0 модели рис. 35б, т. е. нормального поля. Вышеуказанные аномалии характеризуются отношением $E_0/E_M = C$. Разделяя эту величину на сопротивление ρ_a теоретической модели, получаем кажущуюся проводимость

$$\frac{C}{\rho_a} = \sigma_a$$

отличающуюся более значительной контрастностью по сравнению с результатами наземных измерений.

Поскольку в СМПК составляющие x и y градиента потенциала могут равняться нулю, для увеличения точности вычислений при обработке данных используются абсолютные величины напряженности поля. По системе размещения электрод рассматриваемый метод близок к методу заряженного тела, но вместо размеров заряженного тела он выявляет вариации проводимости вблизи поверхности основания бассейна. Первые теоретические и полевые результаты по этому методу описаны в разделе 1.1 настоящего отчета.

Метод ЗС (становления электромагнитного поля был разработан советскими авторами, но все еще находится на этапе разработки, как с методической, так и аппаратурной точек зрения. В принципе метод ЗС имеет наиболее высокую разрешающую способность по сравнению со всеми остальными электроразвлочными методами и он оказывается, при этом, способным просвечивать экранирующие слои высокого сопротивления. Эти преимущества метода были подтверждены при его применении в районе Ниршег. Схема системы наблюдений показана на рис. 36а. На питающий диполь АВ подается прямоугольный сигнал и на электродах MN измеря-

ется временное протекание электрического поля, или же в катушке С измеряется производное по времени переходного магнитного поля. Поскольку при измерении производной составляющей Z магнитного поля получается более благоприятное отношение сигнал/шум, чем при наблюдении за электрическим полем, при производственных работах всегда применяется конфигурация диполь АВ — катушка С.

При записи производных как электрического, так и магнитного поля их временное протекание зависит всегда от проводимости (S), мощности (h) и удельного сопротивления (ρ) пластов. В результате измерений получается кривая времени наблюдений за суммарной проводимостью, обработка которой осуществляется следующим образом. Записывается кривая убывания напряженности поля во времени с последующим ее кодированием при помощи преобразователя типа КАД-69. Для исключения случайных погрешностей, как правило, берется средняя из 4—5 записей величина. Для конфигурации диполь АВ — катушка С имеется, по Сидорову:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} \int \varepsilon^2(t) = \varphi(m) = \frac{K}{\mu \cdot R} (1 + 4m^2)^{3/4} \left(\frac{1}{m^2} - 16 \right)$$

где ε — напряжение, наведенное в катушке, K — геометрический фактор, $\mu = 4 \pi 10^{-7}$. Из уравнения Сидорова:

$$m = \frac{h}{R} + \frac{t}{\mu \cdot S \cdot R}$$

и по этому равенству можно подсчитать вспомогательную функцию

$$F(m) = \frac{m}{(1 + 4m^2)^{5/2}}$$

связанную с продольной суммарной проводимостью равенством

$$S(t) = \frac{F(m)}{K(\varepsilon)}$$

Вышеуказанные формулы для определения S(t) и $\varphi(m)$ действительны

при условии $\frac{AB}{R} \ll 1$ и $\sin = \Theta I$.

Выходными данными машинной программы являются величины функции S(t) в табличном виде.

2.3 АППАРАТУРНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ ПО ПРОМЫСЛОВОЙ ГЕОФИЗИКЕ

В 1973 г. деятельность в этой области сводится к следующему: техническое усовершенствование всех имеющихся видов аппаратуры, ускорение их внедрения в практику, расширение области применения цифровой записи и обработки данных.

Каротажная станция для исследования скважин небольших глубин типа *К-500* была укомплектована, в соответствии с потребностями, скважинным снарядами ВП, инклинометром и гамма-спектрометрическим анализатором.

Каротажная аппаратура для средних глубин типа *К-3000*, в основном, создана. Начаты полевые испытания блоков для измерения сопротивления и создание аппаратуры РК было закончено к концу отчетного года. Так называемые программные разъемы, обеспечивающие комплексный режим работы, сконструированы и прошли первое подключение к цифровой аппаратуре. Фоторегистратор с приводом от шагового двигателя и автоматическая подъемная система будут подвергнуты соответствующим изменениям.

Расширен ассортимент скважинных приборов РК, в соответствии с нуждами промышленности. Были созданы зонд НК диаметром 43 мм для эксплуатирующихся нефтяных скважин, а также зонд для выявления мягких гамма-лучей (10 кэв), позволяющий изучать рентгено-флюоресцентный эффект в скважинных условиях.

В результате наших усилий, направленных на стандартизацию, каротажная аппаратура *К-3000* также снабжена универсальной наземной аппаратурой РК, обеспечивающей возможность использования зондов РК, работающих как в детекторном (до 3 каналов), так и в спектральном режимах.

В методическом отношении разработан способ определения концентрации свинца (рис. 38), кроме этого, при помощи зонда типа

KRG-1-80-43 spl с пластмассовым корпусом определялось содержание з о л ы в плейстоценовых лигнитовых залежах (рис. 39 и 40).

Путем усовершенствования коллимационной системы зонда KRGG 2-80-43 увеличена его способность измерения плотности и он внедрен в производственные работы.

За счет изменения расстояния источник-детектор зонда KPGG-2-86-200 с высокой теплостойкостью, его чувствительность увеличена до 165 сч. в. мин./0,05 г/см³.

Были проведены методические исследования на моделях для определения модуля бокситов, но пока без успехов.

Создано два варианта *цифрового регистратора* (для каротажной аппаратуры К-3000). Один из них позволяет, путем многоканального анализа амплитуд-времени, получить акустическую волновую картину и ядерные энергетические спектры. Начаты полевые испытания.

Комплекс подпрограмм системы интерпретации был дополнен программой для ввода поправок в результаты ГГК (на изменение диаметра скважины, плотности бурового раствора, эксцентricность зонда, толщину цементного кольца, толщину обсадной колонны).

