

## 2 ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ И АППАРАТУРЫ



## СЕЙСМОРАЗВЕДКА

В геофизической съемке районе Ниршег (северо-восточная Венгрия) в 1971 г. сейсморазведочные и электроразведочные работы были снова более тесно связаны между собой, как по научным, так и по экономическим соображениям. В связи с этим проведенные в этом районе электроразведочные работы будут описываться в этом же разделе, так как разведочным взаимоотношениям придается большее значение, чем однородности разделов отчета. Электроразведка, помимо своего методического характера, может рассматриваться как подготовка района под сейсморазведку, поэтому здесь сначала будут описываться результаты этих работ. Планы районов работ по обоим методам показаны на рис. 25.

Учитывая накопленный за последние годы опыт, а также сложные геологические условия района работ, перед электроразведкой были поставлены две задачи. Первая заключается в определении мощности и геоэлектрических параметров неогена. Знание мощности неогеновой толщи само собой имеет большое геологическое значение, но поскольку ее перспективность на углеводороды здесь незначительна, в передний план выдвигается вторая задача, а именно, изучение олигоценовой или более древней, вероятно проводящей осадочной толщи, перекрывающейся и экранируемой миоценовыми вулканитами. Успешное решение обеих задач способствует более тщательному направлению сейсморазведочных работ. Качественное решение второй задачи заключается в определении проводимости ( $\Delta S$ ) нижних хорошо проводящих толщ и в изучении области их развития.

Наиболее важным результатом электроразведочных работ является выделение площадей с различным геологическим строением. В рассматриваемом районе выделены три различных типа площадей.

1. Для первого типа геологического строения характерно, что методы с различной глубиной (ДЭЗ, МТЗ, ЗС-ДЗ, ЗС-БЗ)\* дают информацию

\* ДЭЗ — дипольно-экваториальное зондирование.  
МТЗ — магнитотеллурическое зондирование.  
ЗС-ДЗ — становление электромагнитного поля в дальней зоне.  
ЗС-БЗ — становление электромагнитного поля в ближней зоне.

только о верхнем проводящем горизонте, залегающем на глубинах ок. 1500–2000 м (рис. 26). Горизонт  $\rho_{\infty}$  может соответствовать здесь поверхности вулканических образований, поскольку эта площадь совпадает с максимумом  $\Delta Z$ . Результаты сейсмических работ, проведенных Трестом нефтяной и газовой промышленности по методу КМПВ, глубинный преломляющий горизонт (основание бассейна) залегает на 2500 м глубже по сравнению с горизонтом  $\rho_{\infty}$ .

2. Второй тип характеризуется четырехслойной моделью геоэлектрического разреза. В верхний слой мощностью 1500–3000 м, входят все образования вплоть до вулканической толщи (рис. 26, 27). Кажущееся удельное сопротивление этого слоя изменяется в пределах от 4 до 8 ом и его остальные электрические параметры также хорошо выражены. Второй слой представлен «экранирующим» горизонтом высокого сопротивления. Мощность этого слоя в районе государственной границы оценивается равной 500–1000 м. Третий геоэлектрический слой соответствует нижней хорошо проводящей толще. Ее прослеживание означает наиболее интересный результат электроразведки, учитывая перспективность этой толщи на нефтегазоносность. Площадь развития этой толщи характеризуется аномалиями  $\Delta S$  (рис. 26) По данным метода СЗ-БЗ мощность ее составляет ок. 1500 м. По аналогии результатов румынских работ, она может быть представлена олигоценными отложениями (флишевого характера) или любыми другими более древними отложениями низкого сопротивления. Четвертый слой соответствует горизонту  $\rho_{\infty}$  «бесконечной мощности», который, по всей вероятности, совпадает с преломляющим горизонтом, характеризующимся высокими скоростями. Этот горизонт выделяется по некоторым данным СЗ-БЗ.

3. Район южнее города Матесалка входит в третий тип площадей с двуслойным строением электрического разреза. Горизонт  $\rho_{\infty}$  залегает на глубинах, превышающих 3000 м (рис. 26, 27). В данном районе нет магнитных аномалий. Преломляющий горизонт выделяется здесь на 1000–1500 м глубже чем горизонт  $\rho_{\infty}$ . Погружение горизонта  $\rho_{\infty}$  может соответствовать увеличению мощности неогеновой толщи. Однако, имеющиеся пока спорадические данные не позволяют делать более определенные выводы.

В эту же тему входят чисто методические исследования, проведенные в связи с рассматриваемыми полевыми работами. Такими являются: разработка методики полевых работ по методу ЗС и интерпретации получаемых данных, машинной обработки данных и некоторые аппаратные разработки.

\*

За последние три года сейсморазведочных работ, проводящихся в районе Ниршег, развитие аппаратурной оснащенности и методики прошло тот же путь, который характерен для развития сейсмоки во всем мире за последнее десятилетие. Работа была начата в 1969 г. с использованием аналоговой аппаратуры, аналогового вычислительного центра и системы наблюдений с однократным перекрытием, хотя уже в этот же год был внедрен метод многократных перекрытий. Позже аналоговая обработка данных была заменена цифровой обработкой на «мини-центре» (типа СДЦ-1), на котором сначала обрабатывались аналоговые (преобразованные в цифровой код) записи, а затем — цифровые полевые записи, полученные по методу ОГТ. К 1971 г. цифровая техника регистрации уже полностью заменила аналоговую и получаемые записи обрабатываются на быстродействующей ЭВМ Минск-32, для которой разработаны специальные комплексы программ обработки сейсмических данных.

Степень развития может оцениваться и по надежности получаемой геологической информации. В первое время основные проблемы в этом районе заключались в решении вопросов о возбуждении упругих волн (данный район является типичной «немой зоной»), достижении соответствующей глубинности исследований и улучшении отношения сигнал/шум. Применяемая в настоящее время цифровая методика помогает решить эти проблемы, повысить эффективность и экономичность (длина установок) исследований.

«Просвещение» некоторых крупных магнитных аномалий, вызванных вулканическими образованиями, все еще связано с значительными затруднениями, в основном за счет явлений дифракции. Решение вопроса ожидается от применения системы программ миграции. Во всяком случае следует отметить, что подобные районы имеют небольшое значение в отношении нефтегазоносности.

Районы, характеризующиеся отсутствием магнитных аномалий (не экранированные мощными вулканиками), являются более важными, в частности, при наличии мощной неогеновой или более древней осадочной толщи. Проведенные до сих пор исследования позволили выделить в этом районе две зоны с подобными благоприятными условиями: на южной части сети наблюдений (по государственной границе страны) и в районе г. Матесалка.

Для южной зоны также характерно наличие крупной аномалии  $\Delta S$ . Характерные для этой зоны записи показаны на рис. 28 и рис. 29. Преимущество цифровой техники явны.

Карта изохрон глубинного горизонта показана на рис. 30. Предполагается, что этот горизонт соответствует горизонту в миоценовой осадочной толще, но это предположение требует подтверждения.



В зоне пересечения профилей № 7/69 и № 18/71 по изохрону 1400 мсек (глубина ок. 1800 м) выделяется небольшая замкнутая структура. Разрез по профилю № 18/71 (полученный на «миницентре») представлен на рис. 31.

Для строения второй зоны характерен разрез по профилю № 19/71 (рис. 32). Недалеко отсюда (на основании данных этого профиля и профиля КМПВ ВоR-3b Треста нефтяной промышленности) заложена глубокая скважина с целью вскрытия основания бассейна. В момент составления настоящей рукописи скважина пройдена до глубины ок. 2500 м. Пройдя некоторую толщу плиоцена она вскрыла вулканиты мощностью 1000 м (!) и пока не вышла из этой толщи.

На рассматриваемом разрезе выделяются коррелирующиеся горизонты и в соответствии с разрезом упомянутого профиля КМПВ он позволяет делать вывод о том, что основание бассейна залегает здесь на глубинах ок. 5000 м.

Из числа чисто методических работ заслуживают внимания опытные работы по изучению волн-помех (рис. 33–36). Полученные результаты помогают выбрать соответствующую группировку сейсмоприемников, систему наблюдений и прочие параметры полевых работ.

Подробности вышеизложенных работ содержатся в отчетах, хранящихся в *Архиве Института*.

Исследованиям по разработке аппаратуры предшествуют основательные *теоретические методические исследования*. Полевые работы этого характера были описаны выше. Сами теоретические исследования заключаются в создании соответствующих комплексов программ для обработки данных.

Созданный комплекс программ применяется в настоящее время на ЭВМ Минск-32 для обработки сейсмических данных, полученных в районе Ниршег по методу шестикратного перекрытия. Основные характеристики этого комплекса программ сводятся к следующему.

Название комплекса: ДСК (сокращение венгерского выражения для «Цифровая интерпретация сейсмических данных»). Управление, команды и подача соответствующих параметров осуществляются на легко осваиваемом машинном языке. Вся система может быть изменена и позволяет представить результаты в любой фазе интерпретации.

Программы комплекса написаны на машинном языке ЭВМ «ЯСК», за исключением ввода цифровых данных с магнитных лент и распределения каналов, так как для этих операций более удобно пользоваться машинным кодом.

С учетом мощности памяти ЭВМ обработка проводится по арифметике с фиксированной запятой, по записям.

Ввод данных с цифрового магнитного регистратора типа СДЦ-15

осуществляется в форме коммутации каналов и результаты представляются по способу переменной амплитуды или переменной площади.

В 1971 г. были разработаны следующие программы:

- INPUT — ввод данных
- DEMU — распределение каналов с восстановлением по БРУ
- EDIT — исправление и сортировка сейсмограмм; эта программа состоит из следующих частей:
  - MUTE — приведение первых вступлений к нулю
  - NOISE — подавление звуковых волн
  - DEAD — стирание дефектных трасс (или частей)
  - REV — перемена поляризации
  - KILL — стирание всей сейсмограммы
- STATK — ввод статических поправок
- DINKR — ввод кинематический поправок
- TG — сбор каналов по ОГТ
- STACK — накопление для любой кратности перекрытия
- SXFIL — частотная фильтрация, изменяющаяся во времени
- TAR — восстановление истинной амплитуды
- MIX — смешивание
- DEK — распределение каналов
- WRITE — вывод сейсмограммы на графопостроитель, и/или представление данных по способу переменной амплитуды

При помощи разработанного комплекса программ была проведена обработка данных, полученных по профилю № 5с/71 в районе Ниршег по системе шестикратного перекрытия. При этом использовались величины скоростей, полученных на «миницентре». Полученные результаты совпадают с результатами миницентра (рис. 37–38). Данные подвергались фильтрации, изменяющейся по времени, а также распределению каналов (рис. 39–40).

Операции проводились на записях длиной 4 сек с интервалом опроса 2 мсек. Для выполнения основных операций требуется в среднем 1–2 минуты на сейсмограмму.

Библиотека программ хранится в вычислительном центре Института.

\*

В результате ранее проведенных исследований по разработке аппаратуры создана полевая цифровая сейсмическая аппаратура (типа СДТ-1). Эта аппаратура отвечает всем основным требованиям, предъявляемым к подобным типам полевой цифровой аппаратуры. Но некоторые ее пара-

метры (напр. динамика, уровень шумов, регулировка усиления) требуют усовершенствования.

Эта аппаратура использовалась в 1971 г. для проведения полевых работ в районе Ниршег и на основании накопленного при этом опыта была начата разработка усовершенствованного ее варианта. Эти работы проводились в двух основных направлениях.

Первое направление охватывает разработку (в рамках международного сотрудничества) системы регулировки усиления, коммутатора каналов, преобразователя аналог-код, устройства полевого воспроизведения записей и автоматической радиосистемы взрыва, а также создание их опытного образца. Эти опытные образцы были соединены три раза с опытными образцами узлов, разработанных другим партнером сотрудничества (предусилитель, магнитный регистратор с схемами логики) и испытаны как в лабораторных, так и полевых условиях. Составленная таким образом аппаратура отвечает предъявляемым к ней требованиям (поканальная регулировка усиления, незначительное искажение, широкий динамический диапазон). Уровень шумов, приведенный ко входу, пока превышает предусмотренную величину (0,1 мкв).

Второе основное направление работ по разработке аппаратуры это — создание универсальной полевой цифровой сейсмической аппаратуры по более низким требованиям. Этот вид аппаратуры «третьего поколения» предназначен для работ по поискам залежей твердых полезных ископаемых. В 1971 г. закончена разработка предусилителя и схем фильтров. Предусмотренные параметры достигнуты, за исключением гармонического искажения в диапазоне частот ниже 10 гц (0,3—0,5% вместо предусмотренной величины 0,2%). Создан опытный образец 24-канальной системы усилителей и проведено его испытание в лабораторных условиях.

Разработано и создано устройство центрального управления и контроля и проведено испытание разработанной системы (формат, управление записью, деформат, демуплексер, управление воспроизведением записей).

Окончательное создание аппаратуры входит в задачи следующего года.

Благодаря результатам исследовательских работ созданы научно-технические условия разработки современной цифровой сейсмической аппаратуры. Некоторые узлы частично запатентованы, частично доступны в архиве Института.

В круг задач исследований по разработке аппаратуры входит создание цифровой сейсмической аппаратуры для инженерногеофизических работ. Предусмотрена возможность применения метода накопления сигналов и периодических, быстро повторяющихся ударов для возбуждения упругих



колебаний. На первом этапе разработаны и частично построены следующие узлы аппаратуры: 24-канальный регистратор, магнитный накопитель, устройство управления, устройство воспроизведения и контрольное устройство.

Поскольку разработанные устройства пока не окончательны, здесь не приводятся их схемы и технические характеристики. Подробное их описание хранится в *архиве* Института.

Создан и запатентован реактивный вибратор. Изготовлено три экземпляра вибратора с техническим описанием.

## 2.2 ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА

Исследования по *автоматизации* были направлены на внедрение машинной обработки данных двух наиболее значительных у нас электро-разведочных методов: ВЭЗ и магнитотеллурического частотного зондирования.

Существующие программы были переписаны для повышения их экономичности и для приспособления их к ЭВМ Минск-32. Усовершенствована программа вычисления теоретических кривых ВЭЗ, а затем, для представления кривых ВЭЗ при помощи плоттера СІЛ было создано математическое обеспечение этого плоттера.

Усовершенствованная программа позволяет получить палетки для разрезов с любым количеством слоев и с любыми величинами сопротивления с точностью до  $\pm 0,1$  мм, что имеет большое экономическое значение. Для любой наблюдаемой кривой можно вычислить палетку с двумя переменными параметрами ( $h$ ,  $\rho$ ), без повышения расходов.

В 1968 г. вычисление трехслойной кривой по программе МИТРА (без вычерчивания) стоило около 600 форинтов. В 1971 г. с применением системы программ Минск-32 (включая и вычерчивание плоттером СІЛ) расходы снижены до 88 форинтов и в случае необходимости вычисления завершаются в течение суток.

В области машинной обработки *магнитотеллурических* данных существовавшая программа была переписана для ЭВМ Минск-32 с таким расчетом, чтобы ей одновременно выполнялась и комплексная фильтрация. Функция фильтрации была подобрана в виде треугольной волны (вместо применявшейся до тех пор квадратной), поскольку при ее трансформации амплитуда снижается по закону  $\frac{1}{t^2}$ . В результате фильтрации получают комплексные векторы с величинами амплитуды и фаз.

Для ЭВМ Минск-32 разработана программа для вычисления палетки теоретических кривых МТ ЧЗ. Для вычисления кажущегося сопротивления применяется рекуррентия. Эта программа выполняет аналитическую обработку кривых МТ ЧЗ, полученных по наблюдениям в 5–6 характерных местах.

Интерпретация «эквивалентности», описанная в Годовом отчете за 1970 г. упрощена и приспособлена к ЭВМ Минск-32. Это касается прежде всего палеток кривых типа К ( $K_{0,05}$ ;  $K_{0,1}$ ;  $K_{0,25}$ ;  $K_{0,5}$ ;  $K_{0,75}$ ;  $K_1$ ). Разработанная методика для этих типов кривых применялась уже в полевых условиях.

Результаты научных и методических исследований будут подробно опубликованы в *«Геофизическом Бюллетене»*.

В области аппаратурных разработок начаты исследования по разработке аппаратуры для метода возбужденной поляризации. Была использована формула Максвелла в форме, поясняющей явление возбужденного потенциала. Путем решения соответствующих уравнений получены количественные соотношения, хорошо согласующиеся с опубликованными в литературе результатами как для метода «область времени», так и для метода «область частоты». Опираясь на эти теоретические соображения, была начата разработка нового типа аппаратуры ВП, позволяющей определять более характерный — зависящий от возбуждения — параметр горных пород.

Более подробно эта тема будет рассматриваться в *«Геофизическом Бюллетене»*.

## 2.3 ПРОМЫСЛОВАЯ ГЕОФИЗИКА.

Наши возможности в области методических исследований по промысловой геофизике были ограничены, но все же изучался ряд тем.

Для *ускоренного анализа медных руд* с содержанием в них металла до 1% изучалась возможность применения *нейтронно-активационного анализа*. Образцы облучались при помощи генератора нейтронов (14 мэв). За час проанализировано 6 образцов с точностью  $\pm 0,01\%$  (однократное измерение).

Образцы некоторых вулканических пород (риолиты, андезиты, базальты, фонолиты) весом 5 мг облучались *атомным реактором*, и с использованием полупроводникового детектора Ge (Li) качественно выявлены, кроме основных составляющих, некоторые рассеянные элементы (Sc, Eu, Hf).

В рамках усовершенствования *автоматического анализатора бокситов* типа МТА-1527 было разработано измерительное и управляющее устройство, собранное на интегральных схемах, для вычисления и печатания содержания  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$  в процентах.

Опираясь на результаты лабораторного испытания *скважинного импульсного генератора нейтронов* (ИГН-4) были разработаны анализатор времени (с управляющей системой) и генератор питания (рис. 41). Испытание этих устройств в производственном масштабе начато с использованием двухжильного кабеля длиной 4500 м.

Для определения *объемного веса* (плотности) горных пород в условиях их естественного залегания применялись зонды РК типов КРГ-2-120-60 (7,23 мкюри,  $Cs^{137}$ ) и КРГ-2-200-86 (55 мкюри,  $Cs^{136}$ ).

Для определения чувствительности этих устройств к гамма-излучению, а также для их сопоставления, проведена калибровка радиометрических устройств на мощность дозы (мкр/час) и на объемный вес (рис. 42).

Проводятся работы по моделированию номограмм для вычисления эффекта глинистой корки. При этом плотность и мощность глинистой корки изменяется в широких диапазонах.



Разработана *номограмма* для ввода поправок за постоянную времени мощности и за скорость подъема (рис 43) для тонких пластов ( $h < 1$  м). Процесс обработки показан на рис. 44. Машинное представление результатов охватывает следующие параметры: глубину,  $X$ ,  $Y$ ,  $\rho$  (г/см<sup>3</sup>),  $d_h$  изм. (мм),  $d_h$  ном. —  $d_h$  ном. (мм), средняя глубина внедрения (см).

Влияние геолого-технических факторов на кривые НК определялось как теоретически, так и экспериментально на *модели Н*. Изучались пористость, диаметр скважины, содержание хлора в пластовой воде и буровом растворе (рис. 45–46).

Закончена калибровка *индукционного зонда* с 5 и 6 катушками (патент Геофизического института) в модели скважины.

При использовании подходящей головки зонда и локальном заземлении устойчивость зонда оказывается удовлетворительной.

Зонд с шестью катушками отвечает всем требованиям (рис. 47), но пятикатушечный зонд требует усовершенствования.

Решена проблема калибровки кривых индукционного каротажа.

Закончены работы по созданию первой части *системы моделей* (U, Th) для проверки энергии (и прочих целей). Наибольший диаметр модельной скважины составляет 214 мм.

Для *обработки кривых ГГК* составлены *две программы* на языке ЯСК ЭВМ Минск-32. Программы выделяются и ограничиваются пики спектров, вычисляются фоны по правой и левой сторонам пиков, вычисляются общая и удельная площадь пиков, стандартное отклонение последней в процентах и в импульсах и проводится калибровка по энергии (количество каналов — энергия в кэВ).

Составлена также программа для *скважинного анализа горных пород*, в основе которой лежит так называемая «поправка литопористости». С использованием двух параметров, получаемых по трем кривым (ГГК, ННК, акустического каротажа) программа позволяет определить количество основных составляющих горных пород (1, 2, 3 составляющих или с неизвестным составом).

Успешно закончен первый этап опытных работ по методу *селективного ГГК*. Полученные кривые не зависят от изменения плотности горных пород (рис. 48). Результаты показаны на рис. 49–51.

\*

В области *аппаратурных разработок* созданы устройства радиоактивного каротажа для Экспериментального и Методического отделов по промысловой геофизике. Двухпараметровый скважинный снаряд КРНГ-120-60 с наземной аппаратурой КРФ предназначен для проведения работ по методам ГК и ННК.

Для определения объемного веса горных пород (метод  $\rho$ ) разработан зонд диаметром 86 мм (рис. 52), работающий при температурах до 200 °С (см. соответствующие разделы по методике).

Техническая характеристика наземной аппаратуры КРФ-2-12А:

напряжение питания	— 12 в $\pm 5\%$
сила тока	— $\sim 1$ а
линейность	— лучше чем 1%
устойчивость нуля	— $\leq 1/100$
мертвое время	— $\sim 25$ мксек
показания на фотогальванометре	— 0—10 мв $\pm 2\%$ (R <sub>T</sub> -6 ком)
контроль	— $\pm 5\%$
установка нуля	— разрядником
габариты	— 500 × 270 × 320 мм
вес	— $\sim 7$ кг

Техническая характеристика зонда НГК типа КРНГ-2-120-60:

диаметр	— 60 мм
длина	— 2,5 м
напряжение питания	— 30 в
сила тока	— 40 ма $\pm 5\%$
детекторы	— 4 НГ 420 ГМ и 4 СНМ-11
рабочая температура	— $+5 \div +120$ °С
кабель	— двухжильный, длиной до 5000 м
чувствительность	— $4,8 \frac{\text{счета в мин.}}{\text{нейтрон/см}^2}$ и $44 \frac{\text{счета в мин.}}{\text{мкр/час}}$ , соответственно.

Кроме того по поручению других организаций и в рамках международного сотрудничества разработан ряд других зондов РК.

По линии аппаратуры *электронного каротажа* продолжались исследовательские работы, начатые в предыдущие годы. Некоторые устройства были доведены до этапа полевого испытания. Схема основного электрического устройства показана на рис. 53. Оно содержит схемы каналов для методов сопротивлений, бокового каротажа и ПС.

Проведены работы по проектированию носителя аппаратуры и механических приспособлений (бронированные кабели, лебедка, тормозные устройства).

Усовершенствован регистратор и механический переключатель масштабов заменен электронным.

В области поисков руд появилась необходимость разработки специального *индукционного зонда* с 4 катушками, компенсированного на буровой раствор. В данных районах разведки короткие зонды дают значительно более высокую разрешающую способность по сравнению с любыми фокусированными системами.

Основная техническая характеристика разработанного зонда:

расстояние между основными катушками	— 40 см
диаметр	— 60 мм
диапазон чувствительности	— 0,03–5 омм
максимальная температура	— 100 °С
максимальное давление	— 150 атм.

Схема зонда собрана на транзисторных и частично на интегральных схемах. Зонд подключается к семижильному кабелю при помощи соединительной муфты.

Для *цифровой записи и обработки каротажных данных* разработаны и испытаны полевой регистратор и лабораторное устройство воспроизведения.

Полевой регистратор, магнитный регистратор, а также панели стандартных операций (включая и аналоговую запись) встроены в автомашину, на которой смонтирована и лебедка.

Лабораторное устройство воспроизведения (рис. 54) предназначено для быстрой интерпретации, сортировки и оценки магнитных записей, устраняя тем самым излишние операции на ЭВМ. Цифровые величины и ряды выводятся на перфолентах или на строкопечатающем устройстве.

Основные лабораторные испытания электронных схем аппаратуры закончены. Техническая характеристика будет опубликована позже.

