

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ ЛИТОВСКОЙ ССР
ВИЛЬНЮССКИЙ ГОСУНИВЕРСИТЕТ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ И ОРДЕНА ДРУЖБЫ НАРОДОВ ИМ. В. КАПСУКАСА**

**УПРАВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИИ ЛИТОВСКОЙ ССР
ЛИТОСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ**

**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ГИДРОГЕОЛОГИИ И
ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ**

**Тезисы докладов седьмого научно-производственного семинара
Литовская ССР, г. Вильнюс 20—22 сентября 1983 г.**

с рядовой кривой ВЭЗ, расположенной в центре участка. Начальные приближения параметров определяет интерпретатор, исходя из используемой для всего участка модели и индивидуальных особенностей кривой ВЭЗ.

Последовательность интерпретации кривых ВЭЗ по участку устанавливают исходя из пространственной близости точек ВЭЗ. Вначале интерпретируется кривая, полученная в точке ВЭЗ, ближайшей к выбранной скважине, затем кривые в более отдаленных точках и так далее, расходясь примерно по спирали от скважины. Необходимо отметить, что это грубая схема, которой следует придерживаться лишь приблизительно.

Результатами интерпретации кривых ВЭЗ являются значения мощностей и сопротивлений слоев в точке зондирования, а также значение средней ошибки совпадения теоретической кривой ρ_k , рассчитанной по этим параметрам, с полевой кривой ρ_k . Значение средней ошибки позволяет в какой-то мере определить качество интерпретации. В том случае, когда средняя ошибка примерно равна оценке этой ошибки, полученной на этапе интерпретации параметрических кривых, качество интерпретации хорошее. Когда же средняя ошибка значительно превышает оценку, качество интерпретации плохое и тем хуже, чем больше это превышение. Если бывают плохо проинтерпретированы отдельные кривые ВЭЗ, то значит, они чем-то существенно отличаются от остальных кривых класса и их следует проинтерпретировать еще раз, изменив модель разреза так, чтобы учесть индивидуальные особенности этих кривых. Плохое качество интерпретации многих кривых ВЭЗ свидетельствует о неудачной модели, в рамках которой интерпретируются кривые класса. В этом случае необходимо вернуться на второй этап интерпретации и в корне пересмотреть выбранную модель разреза.

УДК 650.837

АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТОДА ВЭЗ В УСЛОВИЯХ МНОГОСЛОЙНЫХ РАЗРЕЗОВ

И. Н. Модин, В. А. Шевнин (МГУ)

В условиях многослойных разрезов часть геоэлектрических горизонтов не проявляется в отдельности на кривых ВЭЗ, а объединяется в обобщенные слои. Такие слои, естественно, обладают макроанизотропией. В результате, при интерпретации кривых ВЭЗ выделяется меньшее число слоев, чем их существует в разрезе, а мощности выделенных слоев не соответствуют суммарным мощностям прослоев, входящих в обобщенные слои.

Для решения многих вопросов анализа возможностей метода ВЭЗ в подобных условиях весьма полезным оказывается использование

кривых Дар-Заррук (ДЗ) (Маие Р., 1947 г.; Ореллана Э., 1963 г.; Матвеев Б. К., 1974 г.). Кривые ДЗ рассчитываются по простым формулам:

$$\rho_{эф,к} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k T_i / \sum_{i=1}^k S_i}{\sum_{i=1}^k T_i / \sum_{i=1}^k S_i}}, \quad h_{эф,к} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k T_i / \sum_{i=1}^k S_i}{\sum_{i=1}^k T_i / \sum_{i=1}^k S_i}}$$

и строится зависимость $\rho_{эф} = f(h_{эф})$. По форме кривые ДЗ похожи на кривые ВЭЗ, с той лишь разницей, что границы проявления каждого без исключения слоя на кривой ДЗ четко определены. Это позволяет количественно охарактеризовать „вклад“ каждого слоя в кривую ВЭЗ. Количественно вклад оценивается как приращение S и T за счет данного слоя, отнесенное к S и T вышележащей толщ:

$$C_i = \sqrt{\left(S_i / \sum_{k=1}^{i-1} S_k \right)^2 + \left(T_i / \sum_{k=1}^{i-1} T_k \right)^2}$$

а качественно, — по длине отрезка, соответствующего анализируемому слою по кривой ДЗ, построенной в логарифмических координатах. Установлено, что слои с величиной вклада $C < 1$ как правило не проявляются в отдельности на кривых ВЭЗ. Четко и определенно проявляются слои с $C \geq 3-5$. Слои с C от 1 до 3 проявляются слабо и надежность их проявления на кривых ВЭЗ зависит от контраста свойств на границах. Степень контраста свойств на границах оказалось удобно определять углом излома отрезков ДЗ для смежных слоев. Чем ближе этот угол к 90° , тем контрастнее перепад сопротивлений и лучше проявленность данной границы на кривой ВЭЗ. При углах излома близких к 180° проявленность границы, то есть раздельное отражение данных слоев на кривой ВЭЗ ухудшается. Таким образом, условиями для объединения части слоев в разрезе в обобщенные слои являются малые вклады слоев и углы излома кривой ДЗ на границе раздела близкие к 180° .

Чтобы изучить процесс такого объединения в обобщенные слои он был смоделирован на ЭВМ. Составлена программа на Фортране для ЭВМ СМ-4 вычисления вкладов и слияния слоев осуществляется по формулам при следующих условиях: 1) если каждый из смежных слоев обладает малым вкладом; 2) если угол излома смежных отрезков кривой ДЗ близок к 180° ; 3) если из трех смежных слоев промежуточный обладает малым вкладом, он объединяется с тем из соседних слоев, угол излома с которым ближе к 180° .

$$\begin{aligned} S_{об} &= S_i + S_{i+1}; \\ T_{об} &= T_i + T_{i+1}; \\ h_{об} &= \sqrt{T_{об} \cdot S_{об}}; \\ \rho_{об} &= \sqrt{T_{об}/S_{об}}. \end{aligned}$$

На кривой ДЗ такое объединение графически сводится к замене двух смежных отрезков ломаной линией одним спрямляющим. При

соблюдении условий слияния кривая ВЭЗ оказывается эквивалентной исходной. При этом эквивалентность понимается в более общем виде: кривые ВЭЗ практически эквивалентны, если пачка слоев с малыми вкладами заменяется одним однородным обобщенным слоем с параметрами S и T равными сумме S и T объединяемых слоев.

Программа вычисления вкладов и слияния слоев работает следующим образом. По исходным параметрам многослойного разреза (ρ_i, h_i) рассчитывается кривая ВЭЗ и координаты точек излома кривой ДЗ. Для каждого слоя определяется величина вклада и углы излома. По заданным критериям слияния слоев формируются обобщенные слои, вычисляются их мощности, сопротивления и коэффициенты анизотропии. Для нового разреза рассчитывается кривая ВЭЗ и определяется величина ее расхождения с исходной кривой ВЭЗ. При используемых критериях слияния величина расхождения кривых ВЭЗ не превышает 1–3%. Естественно, что такие отличия кривых ВЭЗ, не выходящие за пределы погрешности регистрации полевых кривых, находятся за пределами разрешающей способности метода.

Изученное явление следует целенаправленно использовать при интерпретации кривых ВЭЗ в условиях многослойного разреза. Если число слоев и примерные параметры слоев известны, то эта дополнительная информация может быть использована двояким образом. Рассмотрим например ситуацию характерную для геоэлектрического разреза р. Москвы, на котором проводилось опробование методики. Фактический разрез содержит 10 слоев, но на кривой ВЭЗ проявляются в явном виде лишь четыре. Можно задать ограничения на параметры всех 10 слоев и методом подбора на ЭВМ найти параметры разреза, кривая ВЭЗ для которого с наперед заданной точностью совпадает с экспериментальной.

Можно избрать другой путь. Объединив предварительно слои с малыми вкладами и получив обобщенный разрез задать его параметры как начальное приближение при подборе кривых ВЭЗ на ЭВМ, найдя таким образом уточненные параметры обобщенных слоев. Зная принцип объединения слоев и коэффициенты макроанизотропии обобщенных слоев можно ввести поправки в значения мощностей полученные при машинной интерпретации за макроанизотропию.

Первый подход кажется более привлекательным, потому что ЭВМ ищет параметры реальных, хотя и тонких слоев. Но наш опыт показывает, что для слоев с малыми вкладами ЭВМ либо не уходит от начального приближения, либо меняет параметры в произвольном направлении так как заменой минимизации расхождения теоретической и экспериментальной кривой при этом не происходит.

Во втором случае, каждый из обобщенных слоев дает значимый вклад в кривую ВЭЗ и процесс интерпретации устойчиво сходится. Кроме того, при меньшем числе заменяемых параметров уменьшается и время решения обратной задачи на ЭВМ.

Если же используется не метод подбора, а алгоритм прямой интерпретации, например метод снятия слоев (Матвеев Б. К., 1974 г.; Колес-

ников В. П., 1982 г.), то в результирующем разрезе окажутся только слои со значимыми вкладами и априорные сведения о параметрах многослойного разреза будет целесообразно использовать как раз для того, чтобы установить, как именно объединились слои в обобщенном разрезе.

УДК 519+550.837:556:3

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ КАРТИРОВАНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ПОРОД И ИХ КОМПЛЕКСОВ ПО ДАННЫМ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ

С. З. К о з а к (ВСЕГИНГЕО)

В настоящее время электроразведочные методы достаточно широко используются при картировании ряда гидрогеологических параметров, основными из которых являются коэффициенты фильтрации (k) и водопроницаемость (km) водоносных горизонтов, а также минерализация (M) подземных вод. Основным приемом количественных определений данных показателей является составление и последующее использование корреляционных зависимостей между электрическими (удельное сопротивление — ρ , поляризуемость — η) параметрами, с одной стороны, и гидрогеологическими с другой.

В условиях выдержанных по мощности и литологическому составу водоносных горизонтов корреляционные связи имеют вид $\rho, \eta, \frac{\eta}{\rho} = f(k; km); \rho = f(M)$; при наличии переслаивающихся толщ $T, S = f(km); \rho = f(M)$ (Шарапанов Н. Н. и др., 1974 г.).

Однако, в сложных гидрогеологических условиях (изменчивость, минерализации вод и литологического состава пород) корреляционные связи приобретают многомерный характер, их поиск требует существенного увеличения объема параметрических (исходных) данных. В отдельных случаях установление корреляционной связи невозможно с использованием обычных приемов. В институте ВСЕГИНГЕО разработан и опробован ряд методических приемов, позволяющих повысить достоверность картирования гидрогеологических параметров в сложных геолого-гидрогеологических условиях на основе применения метода ВЭЗ ВП.

Одной из актуальных задач при разведке месторождений подземных вод является оценка коэффициента фильтрации пород. В случае, когда промышленный водоносный горизонт представлен переслаиванием хорошо проницаемых (пески, гравийно-галечники) и водоупорных (глины) горизонтов, фильтрационные свойства подобного комплекса пород могут быть определены по результатам наземных электроразведочных работ двумя способами. Первый, заключается в поиске кор-