

ОПЫТ ПРОШЛЫХ ЛЕТ

ОПЫТ ЭКСПРЕСС-ОБРАБОТКИ ВЭЗ

В.М. Рычков, С.И. Рычкова¹, С.В. Рычков²

Горно-Алтайское отделение Российского геологического общества, г. Горно-Алтайск.

¹ Филиал по РА «ФГУ ТФИ по Сибирскому ФО», г. Горно-Алтайск

² ОАО «Сургутнефтегаз», г. Сургут

Введение. Наше сообщение касается технологии геофизических работ, а именно технологии обработки данных метода вертикального электрического зондирования – ВЭЗ. Статья опирается на наш опыт работ, приобретенный в Гидрогеофизической партии Южной геофизической экспедиции УГ СМ Таджикской ССР в 1967-1971 годах (г. Орджоникидзебад, Таджикистан) и в Бийско-Барнаульской партии Алтайской геофизической экспедиции в 1972-1998 годах (с. Майма, Горно-Алтайская АО, Россия).

ВЭЗ – наиболее широко применявшийся из геофизических методов в 1950-1990 годах. И сейчас там, где еще существует геофизика, один из немногих применяемых методов. В архивах только по Алтайскому краю скопилось более одного миллиона точек электротондирований ВЭЗ. Львиная доля этого количества (примерно 70%) произведена Бийско-Барнаульской партией АГЭ в 1970-1990-м годах при непосредственном участии авторов и относится к равнинной части Алтайского края – к Степному Алтаю. Современный геофизик, даже если он не планирует производство новых ВЭЗ, все равно обязан учесть сделанное ранее (вся геология базируется на изученности). Поэтому статья, мы убеждены, будет полезна и на данном этапе.

К истории вопроса.

Метод ВЭЗ разработан французской фирмой Шлюмберже (Schlumberger) в начале 1910-х годов. Внедрение прервала Первая Мировая война 1914-1918 годов. Фактически оно началось в начале 1930-х годов. Метод основан на том, что разные породы геологического разреза имеют различное электрическое сопротивление.

Чтобы регистрировать эти сопротивления был, во-первых, разработан компенсационный метод измерений; во-вторых, придумана схема наземных измерений (именно наземных, без бурения и горных работ) и рассчитана измерительная установка; в-третьих, создан регистрирующий прибор. Измерения проводятся дискретно, с шагом, когда последующий полуразнос питающей линии отличается, обычно, от предыдущего на коэффициент 1,42. В результате измерений строится график зависимости измеренных (кажущихся) сопротивлений от размера (полуразноса) питающей линии AB : $\rho_k = F(AB/2)$. График строится, исходя из расчетов и опыта работ, в билогарифмическом масштабе с модулем 6,25. Чтобы определить, на какой глубине залегает каждый слой геологического разреза и каковы его истинные (пластовые) сопротивления, проводится так называемая интерпретация полученных графиков. Вопрос оказался не простым. Но желание получить сведения о геологическом разрезе без бурения, т. е. дешевле в 500-1000 раз, заставили производителей и ученых упорно заниматься этим вопросом. В течение всего XX века методы интерпретации ВЭЗ совершенствовались и уточнялись. Первая публикация на эту тему появилась в 1933 году. (Slichter, 1933). И только через год разработчик метода опубликовал свой вариант истолкования кривых ВЭЗ (Schlumberger, Leonardon, 1934). В том же году статья была переведена на русский

(Шлюмберже, Леонардон, 1934). Вопросом занялось ВСЕГЕИ и уже в 1937 году А.М. Пылаев напечатал небольшую монографию (Пылаев, 1937). В 1940 году он подготовил объемный труд с альбомом палеток для интерпретации ВЭЗ, но из-за войны (уже Отечественной 1941-1945 годов) он так и не был издан (изготовлено ротапринтом 40 экз). И только в 1948 году монография увидела свет (Пылаев, 1948). Позднее появилась монография Е.Н. Каленова (Каленов, 1957), а книга А.М.Пылаева переиздана (Пылаев, 1968). Эти две книги на долгие годы предопределили подход советских геофизиков к интерпретации ВЭЗ. Параллельно велись работы за рубежом. Отметим Отто Куфуда из Голландии (Koefoed O.), книга которого была переведена на русский язык в 1984 году (Куфуд, 1984). Соответственно, отечественные учебники и справочники уделяли большое внимание этому вопросу (Дахнов, 1947, 1954; Справочник геофизика, 1963; Федоров, 1965; Хмелевской, 1970; Якубовский, 1980; Электро-разведка, 1980, 1989 и др). Процесс интерпретации всё усложнялся; со середины 1970-х годов начали составляться алгоритмы и программы для ЭВМ. Но подобные разработки начали входить в противоречие со способом регистрации полезного сигнала в электроразведке ВЭЗ (дискретные замеры в аналоговом режиме при ручном способе записи в журнал). А между тем, объемы производственных работ методом ВЭЗ к середине 1980-х годов колоссально выросли. На ручной и машиной интерпретации надолго задалживались лучшие кадры геофизиков. Средняя норма производительности на этом процессе составляла 25 кривых за смену, а при использовании ЭВМ, как ни странно, производительность падала до 10-15. Обусловлено это было тем, что требовалась «набивка» исходных данных и ввод их в память машины, предварительный подбор параметров и некоторые другие операции. Ситуация почти не изменилась с внедрением ПК и переходом в поле на цифровую регистрацию. Всё равно, без предварительной оценки параметров, истолкование кривых ВЭЗ оказалось невозможным. И это при интерпретации 3-4-слойных кривых ВЭЗ. При 10-15 слоях ситуация вообще заходила в тупик.

Наш опыт 1960-1990-х годов.

Как же дело обстояло в ББП АГЭ? Еще в конце 1960-х годов мы столкнулись с необходимостью выделения на кривых ВЭЗ максимально возможного количества слоев. Правда, в условиях наиболее благоприятных – при горизонтально слоистом разрезе рыхлых толщ. Это требовалось, например, при гидрогеологической и инженерно-геологической съемке для целей мелиорации. Еще одно благоприятное условие: глубинность ограничивалась 50-100 метрами при мощном низкоомном опорном горизонте. Но требовалось выделить до 10-12 слоев разреза. Оказалось задача решаема. Сначала мы применили учащенные разносы линии АВ. Против стандартных (предусмотренных «Инструкцией по электроразведке») коэффициент учащения составлял 1,7-2,0. Для интерпретации учащенных кривых сначала применялся способ характерных точек Отто Куфуда (Koefoed, 1976). Но он не позволял достаточно точно определять пластовые сопротивления, а следовательно, литологический состав горизонтов и их фильтрационные свойства. Внимательное изучение палеток А.М. Пылаева привело нас к мысли, что использование двухслойной палетки в сочетании с дополнительными (LCA, LCK, LCH, LCQ) (совмещенная палетка) позволяет решить не только задачу выделения более 10 слоев на кривой ВЭЗ, но и резко поднять производительность труда при интерпретации. Забегая вперед, скажем, что удалось вместо предусмотренных нормами 25 кривых за смену при использовании трехслойных палеток обрабатывать до 250 и даже до 400 зондирований при использовании совмещенной. Существенную роль сыграло и то, что все перечисленные палетки удалось разместить на одном прозрачном листе целлюлоида (изображая каждую палетку своим цветом). Плюс к этому, тут же изображены две взаимно перпендикулярные логарифмические шкалы. А кривую для интерпретации тоже копировали на прозрачный бланк (на кальку). В этом случае никаких вычислений (m , v , h рп) не требуется. Всё снимается с логарифмических шкал и записывается тут же, на кальке. Ко-

нечно, требуется знание разреза, размещение кривых на кальке в строгой последовательности (по профилю поперек структур). Тогда дело сводится к прослеживанию горизонтов от точки к точке, от скважины к скважине. Основное внимание – изменчивости пластовых сопротивлений вдоль профиля. А когда сопротивления определены достаточно точно, то это прямой выход на минерализацию пластовых вод (Мп) и на фильтрационные свойства горизонтов (Кф, Км) (через выведенные зависимости). Наиболее полно наш вариант интерпретации кривых ВЭЗ изложен в отчете об опытно-методических работах, составленном в 1992 году (Рычков, Власова, Рычкова, 1992). Хотя и в других отчетах ББП АГЭ, общее количество которых за 1972-1998 годы приближается к 100, вопросам интерпретации мы уделяли большое внимание. Всегда находились нюансы, которые мы стремились пояснить в каждом отчете. Начало же было положено ещё в Таджикистане в 1967-1971 годах (Рычков, Папырин, 1971), когда мы впервые столкнулись с требованиями мелиоративной съемки м-ба 1:50000.

Всего, по самым скромным подсчетам, изложенным способом обработано до пятидесяти тысяч кривых ВЭЗ в Таджикистане (6 отчетов) и до семисот тысяч кривых ВЭЗ в Алтайском крае. Результаты апробированы большим количеством скважин (более тысячи). Совпадение всегда было хорошим (5-10% по глубине; 10-15% по производным параметрам), к тому же, к окончательным отчетам, например, по мелиоративной съемке, делалась «нулевая увязка». Экспресс-обработка ВЭЗ, помимо мелиоративной съемки м-ба 1:50000, применялась и при других работах картировочного или поискового характера: при гидрогеологической съемке м-ба 1:200000; при поисках подземных промышленных вод; при поисках и разведке стройматериалов (граниты, известняки, мраморы, ПГС); при поисках бокситов в Присалаирье; при поисках нефти в Степном и Горном Алтае; при поисках пресных подземных вод и т. д. Всего примерно в 100 отчетах по работам на 200 участках и общей исследованной площади около 150 тысяч квадратных километров.

Следует отметить специалистов, внесших вклад в разработку методов экспресс-обработки ВЭЗ. В Таджикистане это: Папырин Л.П. – нач. гидрогеофизической партии ЮГФЭ в 1967-1990 годах, Рычков В.М. – ст. геофизик ГГФП ЮГФЭ в 1967-1971 годах. В Алтайском крае это: Рычков В.М. – ст. геофизик, гл. инженер, нач. партий АГЭ в 1972-1998 годах; Черепанова О.А. – геофизик ББП АГЭ в 1978-1988 годах; Логинов В.Т. – геофизик ББП в 1974-1978 годах, ст. геофизик и гл. инженер Юстыдской партии АГЭ в 1978-1995 годах; Суханова О.А. – геофизик ББП в 1978-1990 годах; Глазычев Е.И. – геофизик ББП в 1972-1990 годах; Богачева Н.Л. – геофизик ББП в 1972-1976 годах; Егунов А.В. – геофизик ББП в 1972-1973 годах; Ванюков В.С. – геофизик ББП в 1965-1973 годах; Рычкова С.И. – ст. геофизик Локтевской и Бийско-Барнаульской партий в 1972-1995 годах; Власова Г.А. – геофизик ББП в 1988-1993 годах; Иванова С.Г. – гидрогеолог ББП в 1978-1992 годах; Рычков С.В. – студент Пермского ГУ (и практикант в ББП) в 1989-1994 годах; Сметанникова Л.Н. – геофизик ББП в 1984-1988 годах; Кучеренкова А.С. – геофизик ББП в 1988-1995 годах.

К сожалению, это первая и в какой-то степени запоздалая публикация по технологии обработки ВЭЗ. Всегда в публикациях мы уделяли внимание только результатам; технология же, подразумевалось, соответствовала им. Оригинальность методики подтверждена несколькими свидетельствами на рацпредложения. На большее мы не претендовали, было некогда. Возможно, зря.

Сейчас трудно сказать, пригодится ли наш опыт для практической работы. Если кого-то заинтересует, готовы оказать всемерную помощь. Потому что нюансов, или «ноу-хау», очень много. Требуется, например, обработка данных каротажа (КС, ПС) и учет их при интерпретации ВЭЗ. А если применяются другие методы (ВЭЗ-ВП, МПП, ЗМПП, КМПП, ЭП), то нужно все это увязать между собой. Сложный вопрос – обработка ВЭЗ-ВП. Отдельная

проблема – корреляционные зависимости геофизических параметров от гидрогеологических и геологических. Очень важен вопрос «нулевой увязки со скважинами». Фактически разработана «Система обработки геолого-геофизических данных для условий Степного Алтая».

Наши координаты в бюллетене имеются.

Литература

1. Дахнов В.Н. Промысловая геофизика. Гостоптехиздат. 1947. 445с.
2. Дахнов В.Н. Электрическая разведка нефтяных и газовых месторождений. Гостоптехиздат, 1954, 510с.
3. Жданов М.С. Электроразведка. М., Недра, 1986. 316с.
4. Инструкция по электроразведке. Л. «Недра», 1984. 352с.
5. Каленов Е.Н. Интерпретация кривых вертикального электрического зондирования. Гостоптехиздат, 1957, 217с.
6. Куфуд О. Зондирование методом сопротивлений (пер. с англ.). М., Недра, 1984. 270с.
7. Пылаев А.М. К вопросу интерпретации многослойных кривых вертикального зондирования. ВСЕГЕИ, 1937. 69с.
8. Пылаев А.М. Руководство по интерпретации вертикальных электрических зондирований. Госгеолиздат, 1948. 135с.
9. Пылаев А.М. Руководство по интерпретации вертикальных электрических зондирований (изд. второе, испр.). М., Недра, 1968. 148с.
10. Рычков В.М., Папырин Л.П. и др. Отчет о геофизических работах для обеспечения комплексной гидрогеологической и инженерно-геологической съемки м-ба 1:50000 для целей мелиорации Нижнекафирниганской долины в Южном Таджикистане (работы Гидрогеофизической партии ЮГФЭ за 1969-70 г.г.). Орджоникидзеабад, 1971. (30л.гр., 5 кн.). кн. 1, 160с.
11. Рычков В.М., Власова Г.А., Рычкова С.И. Результаты опытно-методических работ и переинтерпретации геофизических материалов для целей гидрогеологии по Степному Алтаю. (Отчет ББП АГЭ за 1985-1992 г.г.). (190 л. гр. 5 кн.). Майма, 1992. т.1, 299с.
12. Справочник геофизика. Т.3. Электроразведка. М., Гостоптехиздат, 1963. 582с.
13. Федоров А.А. Основные приемы интерпретации кривых ВЭЗ. (Руководство для практических занятий). Изд-во ТПИ. Томск, 1965. 18с.
14. Хмелевской В.К. Основы курс электроразведки. Ч.1 Электроразведка постоянным током. М. изд-во МГУ. 1970. 245с.
15. Шлюмберже К., Шлюмберже М., Леонардон Е. Г. К вопросу об электрических замерах в анизотропной среде и их интерпретация. Серия руководств по электроразведке (пер. с англ.). Вып.4. НГРИ, 1934. 24с.
16. Электроразведка. Справочник геофизика. М. «Недра». 1980. 518с.
17. Электроразведка. Справочник геофизика. (в 2 кн.). М., Недра, 1989. кн.1-438с; кн.2-378с.
18. Якубовский Ю.В. Электроразведка. 2-е изд. М. «Недра». 1980, 384с.
19. Koefoed O. 1976a. An approximate method of resistivity sounding interpretation. Geophys. Prospect. 24. 617-632.
20. Koefoed O. 1976b. Progress in the direct interpretation of resistivity soundings an algorithm. Geophys. Prospect. 24. 233-240.
21. Schlumberger C. and M., and Leonardon E.G. 1934. Some observations concerning electrical measurements in anisotropic media, and their interpretation. Trans. Am. Inst. Min. Metall. Eng., 110: 159-182.
22. Slichter L.B. 1933. The interpretation of resistivity prospecting method for horizontal structures. Physics. 4: 307-322.