

Применение малоглубинной электроразведки для определения статических поправок

■ Михеев С.И., Селезнев В.А., ФГУП «НВНИИГГ, г. Саратов

В статье обсуждаются теоретические предпосылки и практические аспекты применения малоглубинной электроразведки для определения статических поправок в МОГТ. Обсуждаются возникающие при этом сложности, возможные пути их преодоления.

Проблема высокоточного определения статических поправок была и остается в сейсморазведке одной из самых актуальных. При проведении сейсморазведочных работ статические поправки обычно вычисляются по данным специальных сейсмических работ - микросейсмокаротажа скважин (МСК) или метода преломленных волн (МПВ). Указанные методы, особенно МСК, позволяют определять статические поправки с высокой точностью. Одновременно, их применение требует значительных трудовых и материальных затрат. В результате, на практике из экономических соображений скважины МСК или пикеты зондирования МПВ размещают со значительным шагом по профилям, составляющем 0.5 км и более. Но, как нами уже отмечалось в статье [10], интерполяция и экстраполяция получаемых в дискретных точках значений статических поправок определяют значительные погрешности при их введении в сейсмические записи. Сгущение точек специальных зондирований требует больших дополнительных затрат. Повсеместное внедрение в практику сейсморазведочных работ технологии МОГТ 3D внесло дополнительные сложности в решение проблемы учета ВЧР, обусловленные вынужденной разреженностью сети специальных наблюдений по ее изучению. Как справедливо отмечено в работе [4], некоторые геофизические компании, убедившись в недостаточной эффективности применения приемлемой с

позиций затрат сети 4 x 4 км и, даже, 2 x 2 км, предлагают отрабатывать МСК или малоглубинные зондирования МПВ по сети 1 x 1 км, 500 x 500 м и менее. Расходы на изучение ВЧР в таком случае становятся чрезмерно большими и превышают 15 - 20% от стоимости полевых сейсмических исследований в целом.

Исходя из вышесказанного некоторыми специалистами предлагается снижать при проведении сейсморазведочных работ затраты на изучение и учет ВЧР за счет применения с этой целью более дешевых несейсмических методов. Чаще всего для этого предлагается применять различные модификации электроразведки [9, 12, 16 и др.]. Они позволяют получить детальные сведения о строении ВЧР при минимальных затратах.

Следует сказать, что, по сути, проблема определения статических поправок по данным МЗСБ сводится к комплексированию сейсморазведки и электроразведки. При этом вопросы комплексирования этих двух методов освещены в большом количестве публикаций [6, 7, 15, 17 и др.]. Однако, в них преимущественно обсуждаются проблемы разбавки с помощью электроразведки выделенных сейсморазведкой аномалий. В нашем же случае МЗСБ выступает как вспомогательный метод, позволяющий получить статические поправки для исключения влияния ВЧР при обработке полевых сейсмозаписей.

Физико-геологическое обоснование комплексирования сейсморазведки и

электроразведки базируется на результатах теоретических исследований, значительного объема экспериментальных полевых наземных и скважинных наблюдений, лабораторных исследований физических свойств пород [7, 13, 14, 15, 18 и др.].

Согласно опубликованным данным между сейсмическими и электрическими характеристиками пород существуют связи функциональные, вытекающие из сущности происходящих в горных породах физических процессов, и корреляционные, опосредствованные через общность условий их формирования, залегания и геологической истории.

Существующие представления о существовании связей между электрическими и упругими свойствами пород основаны на различных предположениях и моделях. Так, известно, что одним из основных факторов, от которого зависят электропроводность осадочных пород и скорость распространения в них упругих волн, является пористость. В общем случае зависимость электропроводности пород от пористости записывается в виде [6]:

$$\rho_v = f(n) \rho_o, \quad (1)$$

где ρ_v – удельное сопротивление породы,

ρ_o – удельное сопротивление насыщающей поры воды,

$f(n)$ – некоторая функция пористости.

Вид функции $f(n)$ зависит от формы зерен породы, их однородности и цементации.

Так, для шарообразных зерен она записывается:

$$f(n) = (3 - n)/2n, \quad (2)$$

где n – коэффициент пористости.

Эмпирическая формула получена Арчи:

$$f(n) = n^{-m}. \quad (3)$$

Здесь m величина, которая меняется от 1,8 до 2,0 для сцементированных пород, и приблизительно равна 1,3 для несцементированных.

Скорость упругих волн в осадочных породах также зависят от пористости пород. В пористой среде, являющейся двухфазной системой, упругие свойства определяются упругими свойствами заполняющего поры флюида и скелета. Существует множество формул связи между пористостью и скоростью, выведенных теоретическим путем. Однако их использование крайне ограничено. В практике сейсморазведочных работ широко применяется уравнение среднего времени, установленное эмпирическим путем, позволяющее с высокой надежностью оценить влияние пористости на скорость продольной волны V_p :

$$\frac{1}{V_p} = \frac{K_{\Pi}}{V_3} + \frac{1 - K_{\Pi}}{V_{TB}}, \quad (4)$$

где V_{TB} и V_3 – скорость продольной волны в твердой фазе и заполнителе пор.

Отметим, что на настоящий момент предложено множество других, менее известных, но близких по смыслу к формуле (4) эмпирических соотношений.

Очевидно, что удельное сопротивление пород и сейсмические скорости контролируются не только пористостью. Поэтому объяснение их зависимости только наличием пор и трещин не может претендовать на полноту. Помимо пористости, электрические и упругие свойства пород одновременно зависят от литологического состава пород, состава насыщающего поры флюида, условий залегания, формы зерен и др. Многообразие различных, одновременно проявляющихся в полях электрических и акустических, характеристик пород факторов, определяет наличие корреляционных

взаимосвязей между ними. Примеры уравнений регрессий, связывающих электрическое сопротивление пород, скорость продольных волн и акустическую жесткость, можно найти, например, в работах [2, 6, 7 и др.]. В приведенных в указанных публикациях случаях парные коэффициенты корреляции между удельным электрическим сопротивлением и сейсмическими характеристиками превышают 0.65, статистически значимы.

Взаимосвязь электрических и упругих свойств пород составляет физико-геологическую основу прогнозирования скоростей и времен распространения упругих волн в среде по данным электроразведки, в том числе, и в ВЧР. В свою очередь это обеспечивает возможность расчета статических поправок по геоэлектрическим характеристикам.

В электроразведке принципиальными преимуществами обладают методы, основанные на возбуждении вихревых токов импульсными полями и на измерении вторичных полей в паузах между возбуждающими импульсами. Главное достоинство этих методов - измерение полей в отсутствии сильного возбуждающего (первичного) поля. Это облегчает изучение вторичного поля, а значит, и определение геоэлектрических характеристик разреза.

Учитывая технологические преимущества, большой опыт, накопленный при решении задач инженерной геологии, гидрогеологии и других, наиболее перспективным путем частичной замены МСК и МПВ является использование с целью определения статических поправок методики малоглубинных электромагнитных зондирований становлением поля в ближней зоне (МЗСБ).

Связь между временем t сейсмических отраженных волн и временем $t_{зсб}$ становления электромагнитного поля

может быть объяснена особенностями процессов распространения сейсмических и электромагнитных волн в однородном полупространстве. Продольные упругие волны в нем распространяются с постоянной скоростью V , а импульс вихревых токов, занимая все большую площадь в плане, распространяется в ближней зоне со скоростью $V_{зсб}$, экспоненциально убывающей с глубиной z . Для случая слоистых толщ $V(z)$ и $V_{зсб}(z)$ ведут себя более сложно, но в целом отмеченная закономерность сохраняется. Вследствие этого времена t и $t_{зсб}$ связаны соотношением

$$t \approx a t_{зсб}^b \quad (5)$$

Коэффициент b незначимо отличается от $\frac{1}{2}$ [17].

На первый взгляд, имея уравнение, связывающее t и $t_{зсб}$, определить статическую поправку по данным МЗСБ не сложно. Однако это не соответствует действительности, так как коэффициент a , в отличие от b , меняется в широких пределах. Данный коэффициент равен

$$a = C / V (\mu \sigma_z)^{1/2} \quad (6)$$

Здесь σ_z - удельная электрическая проводимость; μ - магнитная проницаемость среды; C - коэффициент, определяемый характеристикой направленности электромагнитного зондирования. Разрезы ВЧР характеризуются сильной изменчивостью σ_z и μ в горизонтальном и в вертикальном направлениях, само их детальное определение проблематично. Поэтому использовать при изучении малых глубин формулу 5 на практике не удастся. В этой связи, а также из-за наличия многочисленных случайных факторов различной природы, известные примеры определения статических поправок основываются, преимущественно, на использовании корреляцион-

ных связей между геоэлектрическими и акустическими характеристиками [9,12,16 и др.].

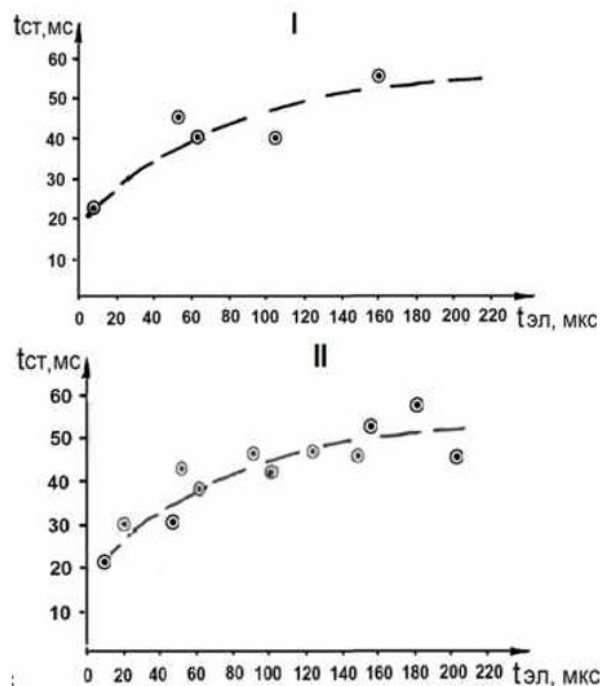
По личному опыту авторов статьи, в вопросе потенциальных возможностей малоглубинной электроразведки при определении статических поправок единого мнения нет. Одна из основных причин заключается в том, что электроразведчик, обеспечив построение детального геоэлектрического разреза, полагает, что задача уже практически решена и сейсморазведчику остается только грамотно применить предоставленную ему информацию. При этом возникающие проблемы пересчета геоэлектрических характеристик в акустические, надежность и точность получаемых данных с позиций жестких требований современной сейсморазведки, не учитываются. Между тем, трудностей различной природы на этапе такого пересчета встречается очень много. Причем, особенности проявления возникающих проблем во многом определяются поверхностными геолого-геофизическими условиями территории исследований. Продемонстрируем данное утверждение на примере двух профилей №80 и №15, отработанных в условиях Саратовского Правобережья. Данная территория характеризуется наиболее сложными поверхностными сейсмогеологическими условиями, поэтому полученные в её пределах материалы представляют наибольший интерес. Регистрация вторичного электромагнитного поля производилась во временном диапазоне от 2 до 200 мкс. Источником и приёмником сигнала служила незаземлённая рамка размером 40х40м.

Для вычисления статических поправок в рассматриваемом случае использовались кажущаяся суммарная продольная проводимость S_t и время становления

поля $t_{эл}$ на уровне +150 м. Такому уровню соответствует обычно принимаемая в пределах выбранной территории исследований линия приведения.

На рисунке 1 приведены корреляционные поля вычисленных по данным МСК статических поправок $t_{ст}$ и времен становления поля $t_{эл}$ по данным МЗСБ. На том же рисунке показаны графики регрессий. Причем для профиля 15 при графических построениях и вычислении коэффициентов регрессий выбраны данные в интервале ПК 0 – 130. Причины ограничения интервала анализа будут обсуждаться ниже.

Визуальный анализ рисунка 1 свидетельствует о наличии тесных корреляционных связей между вычисленными геоэлектрическими характеристиками и априорными поправками по данным МСК как для профиля №15, так и для профиля №80.

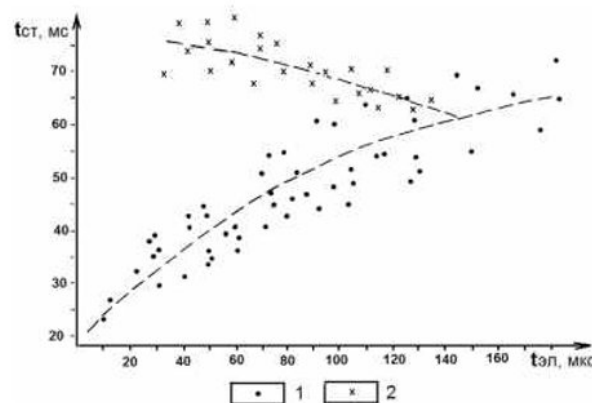


▲ Рис. 1. Корреляционное поле вычисленных по данным МСК статических поправок $t_{ст}$ и времени становления поля $t_{эл}$ по данным МЗСБ. I, II - данные для профиля №80 и №15, соответственно.

Так как количество зондирований МЗСБ значительно превышало количество зондирований МСК, с целью повышения представительности сейсмических данных для последующего анализа привлекались результаты интерпретации записей первых вступлений на сейсмограммах ОГТ. При этом статические поправки по данным МСК использовались для «привязки» дифференциальных поправок, вычисленных по годографам первых волн.

Анализ корреляционных полей сейсмических и геоэлектрических характеристик для профилей №80 и №15 показал, что они весьма значительно различаются. Если для профиля № 80 можно подобрать единые уравнения регрессий, связывающие t_{cm} с S_t и $t_{эл}$, то в пределах профиля №15 четко выделяются два интервала, характеризующиеся различной стохастической связью t_{cm} с геоэлектрическими характеристиками. Первый интервал соответствует пикетам ПК 0 – 130, второй ПК 130 – 204. Это хорошо видно на приведенном в качестве примера рисунке 2, где изображено корреляционное поле t_{cm} и $t_{эл}$. Если на интервале ПК 0 - 130 увеличению $t_{эл}$ соответствует рост t_{cm} , то на пикетах, превышающих 130, наблюдается обратная зависимость. Изменение характера взаимосвязи t_{cm} с геоэлектрическими характеристиками при последующем детальном анализе нашло простое объяснение: по данным предшествовавших гидрогеологических исследований мощная толща опок (K2d – P) к югу от ПК 130 размыта и замещается глинами неогенового возраста. Врез неогеновых глин, замещающих по линии профиля опоки, приводит к сильной изменчивости геоэлектрических характеристик вдоль профиля. Такая изменчивость находит отражение в определяемых по данным МЗСБ эффек-

тивных геоэлектрических характеристиках разреза и сказывается на результатах корреляционного анализа.



▲ Рис. 2. Корреляционное поле вычисленных по данным МСК и первых вступлений статических поправок t_{cm} и времени становления поля $t_{эл}$ по данным МЗСБ. Профиль №15. 1- данные для интервала пикетов 0 - 130; 2- данные для интервала пикетов 130 - 204; 3- линии регрессий.

Уравнения регрессий, связывающие t_{cm} с геоэлектрическими характеристиками для профиля №80, имеют вид:

$$t_{cm} = 11.09 + 47.05 S_t - 12.683 S_t^2 \quad (7)$$

$$t_{cm} = 20.54 + 0.37 t_{эл} + 0.001 t_{эл}^2 \quad (8)$$

То же для профиля №15 (ПК 0 - 130)

$$t_{cm} = 18.19 + 27.52 S_t - 4.891 S_t^2 \quad (9)$$

$$t_{cm} = 22.36 + 0.288 t_{эл} - 0.00045 t_{эл}^2 \quad (10)$$

Для интервала ПК 130 - 204 профиля №15 получено:

$$t_{cm} = 119.52 - 64.75 S_t + 16.774 S_t^2 \quad (11)$$

$$t_{cm} = 124.6 - 0.396 t_{эл} - 0.00046 t_{эл}^2 \quad (12)$$

Сопоставление вышеприведённых уравнений приводит к выводу о значительном изменении их вида для разных профилей и участков анализа. Это, на первый взгляд, свидетельствует о невозможности построения единых зависимостей, справедливых для относительно больших площадей. Однако расчеты по формулам 8 и 10 свидетельствуют об обратном (среднеквадратичное расхож-

дение регрессий не превышает 3 мс). Данное обстоятельство дает основания заключить, что задача нахождения уравнений регрессий, пригодных для применения не только для отдельных профилей или их интервалов, но и для тех или иных площадей, в принципе, решается. Дополнительным аргументом в пользу такого заключения может служить сходство представленных на рис. 1 графиков регрессий, при построении которых учтены только данные МСК.

Очевидно, что среди факторов, определяющих перспективы практического применения малоуглубинной электроразведки для определения статических поправок, определяющую роль играют ошибки результатов вычисления $t_{ст}$. Рассмотрим их на примере обсуждаемых опытно-методических профилей. Среднеквадратичные ошибки определения статических поправок для них показаны в таблицах №1 и №2. Там же отражены результаты вычислений $t_{ст}$ в случае использования в уравнениях регрессий не только отдельных геоэлектрических характеристик, но и их комплекса ($S_{\tau} + t_{эл}$). Дополнение указанного комплекса абсолютными отметками дневной поверхности Alt обсудим ниже. Таблицы №1 и №2 существенно различаются, так

как для профиля №15 (см. табл. 2) из-за резкого нарушения вида корреляционных связей сейсмических и геоэлектрических характеристик на ПК 130 результаты вычислений показаны для двух неперекрывающихся интервалов.

Как следует из таблиц 1 и 2 среднеквадратичная ошибка вычисления статических поправок по отдельным геоэлектрическим характеристикам в нашем случае меняется в интервале 3.8 мс – 7.3 мс. Причем несколько большая точность достигается при вычислении $t_{см}$ по $t_{эл}$. Определение $t_{см}$ по комплексу геоэлектрических характеристик ($S_{\tau} + t_{эл}$) приводит к уменьшению среднеквадратичной ошибки до 3.4 мс для профиля №80 и до 5.6 мс, 3.9 мс для профиля № 15 интервалов ПК 0 – 130 и 130 – 204, соответственно. Приведенные значения оценок среднеквадратичных ошибок определения статических поправок, на первый взгляд, можно рассматривать как удовлетворительные. Однако, если исходить из нормальности распределения результатов вычислений $t_{см}$, то возможны ошибки, превышающие 10 мс, что уже не удовлетворит современную практику сейсморазведочных работ. Для получения более надежных результатов комплекс геоэлектрических характеристик

▼ Табл. 1. Среднеквадратичные ошибки определения статических поправок. Профиль №80.

Характеристика или комплекс характеристик	S_{τ}	$t_{эл}$	$S_{\tau} + t_{эл}$	$S_{\tau} + t_{эл} + Alt$
Среднеквадратичная ошибка, мс	7.2	3.8	3.4	2.4

▼ Табл. 2. Среднеквадратичные ошибки определения статических поправок. Профиль №15.

Интервал пикетов	0 - 130				130 - 204			
Характеристика или комплекс характеристик	S_{τ}	$t_{эл}$	$S_{\tau} + t_{эл} + Alt$		S_{τ}	$t_{эл}$	$S_{\tau} + t_{эл}$	$S_{\tau} + t_{эл} + Alt$
Среднеквадратичная ошибка, мс	7.3	6.1	5.6	2.9	6.2	4.4	3.9	3.0

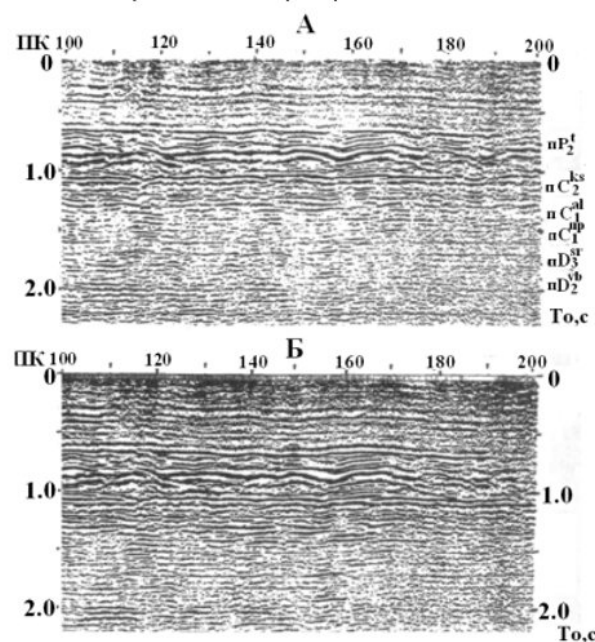
был расширен за счет включения в него альтитуды дневной поверхности (Alt) в точках расположения зондирований МЗСБ. Информация о них не требует проведения специальных работ и в любом случае используется геофизиком при построении нивелировочных разрезов по профилям. Более того, в относительно простых поверхностных сейсмо-геологических условиях данные об альтитудах зачастую привлекаются для непосредственного определения статических поправок на основе корреляционно-регрессионного анализа.

Дополнение комплекса геоэлектрических характеристик данными об альтитудах дневной поверхности существенно повысило точность определения статических поправок, особенно для интервала ПК 0 – 130 профиля №15. Для этого интервала среднеквадратичная ошибка определения t_{cm} уменьшилась почти в два раза. По данным, приведенным в статье [9], точность данных о t_{cm} может быть еще более повышена за счет применения факторного анализа.

В любом случае одной из основных трудностей практического использования малоглубинной электроразведки для определения статических поправок остается выбор участков, в пределах которых установленные по ограниченному выборкам корреляционные зависимости между геоэлектрическими и сейсмическими характеристиками обеспечивают удовлетворительную точность вычисления t_{st} . Проиллюстрированную на рис. 2 ситуацию, когда удалось четко выявить и объяснить изменение корреляционных связей геоэлектрических и сейсмических характеристик, по нашему опыту, можно отнести к уникальным. Обычно наблюдается относительно плавная латеральная изменчивость физических свойств ВЧР.

Надежно выявить и корректно учесть такую изменчивость в результатах корреляционно-регрессионного анализа на практике трудно. В результате, она приводит к появлению систематических ошибок в вычисляемых по данным электроразведки статических поправок.

На завершающих этапах исследований по применению электроразведки с целью замены сейсмических методов изучения ВЧР вычислялись и анализировались временные разрезы ОГТ



▲ Рис. 3. Монтаж фрагментов временных разрезов ОГТ по профилю №15. А,Б - варианты с введением статических поправок, вычисленных по данным МСК и МЗСБ, соответственно.

На рисунке 3 в качестве примера показан монтаж фрагментов временных разрезов ОГТ профиля №15.

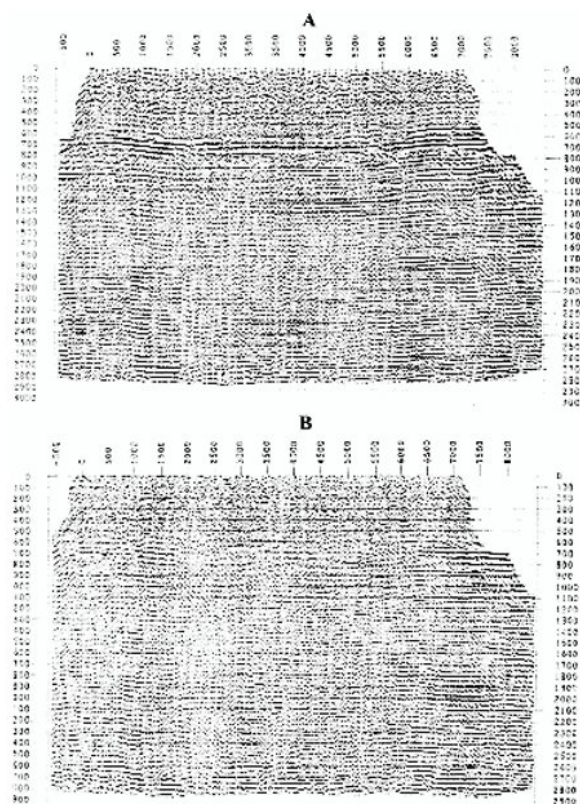
Вариант А на рис. 3 отвечает случаю ввода поправок, определенных по данным МСК, вариант Б – по данным МЗСБ. Визуальный анализ фрагментов разрезов ОГТ свидетельствует об их практически равноценном качестве. Отмечаются как случаи незначительного локального ухудшения результатов суммирования при использовании данных электрораз-

ведки, так и улучшения. В нашем случае улучшение наблюдается, например, для горизонта pC_2^{ks} . Лучшее прослеживание отмечается и для отражающего горизонта, регистрируемого на времени $To \approx 0.65$ с. Вместе с тем, на временном разрезе, вычисленном с поправками по МЗСБ (рис. Б), несколько менее уверенно коррелируются отражающие горизонты pD_3^{sr} и pD_2^{vb} . При сопоставлении временных разрезов ОГТ со статикой, введенной по данным МСК и МЗСБ, также обращает на себя внимание довольно значительное изменение конфигурации отражающих границ. Исследовать в какой мере наблюдаемое изменение соответствует изучаемому разрезу без привлечения дополнительной информации невозможно.

Выявленные при визуальном анализе временных разрезов ОГТ профиля №15 особенности характерны и для других опытно-методических профилей, отрабатанных в условиях Саратовской области. Исключением является профиль 09, расположенный в пределах Некрасовского вала Доно-Медведицкой системы дислокаций. Здесь силами СГЭ НВНИИГГ были проведены опытные работы на четырех совмещенных (ОГТ + МПВ + МЗСБ) профилях.

Временной разрез ОГТ одного из них (профиль 09) со статическими поправками, определенными по материалам МЗСБ (рис. 4А), оказался существенно выше по качеству по сравнению с временным разрезом, вычисленным с поправками по данным МПВ (рис. 4-В).

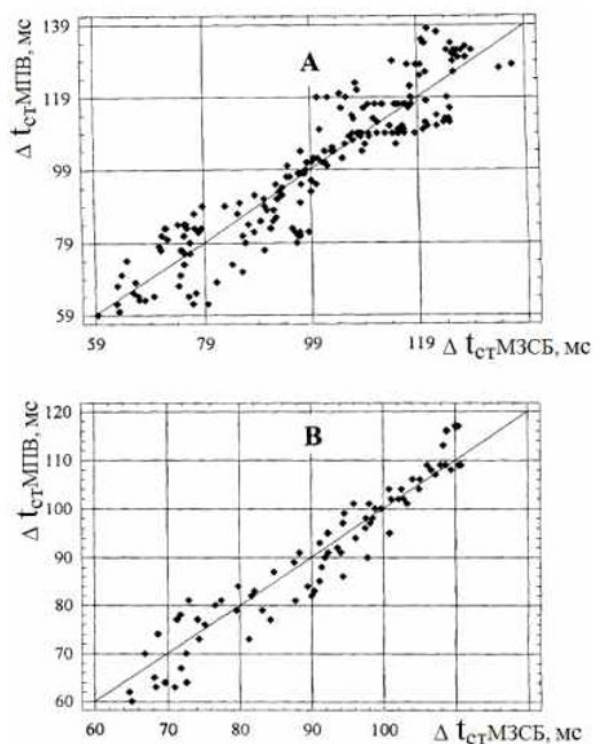
Вероятно, достижение высокого качества временного разреза для профиля 09 при введении определенных по данным электроразведки статических поправок определялось, помимо прочего, предварительным районированием



▲ Рис. 4. Временной разрез ОГТ по профилю 03600-09 со статическими поправками, вычисленными по данным электроразведки МЗСБ (А) и по данным МПВ (В)

территории исследований. Оно основывалось на комплексном анализе геологических данных по ВЧР, построенных по профилям МЗСБ корреляционных схем и геоэлектрических разрезов. Всего в пределах территории исследований было выделено три типа геоэлектрических моделей разрезов. Соответственно, было выделено три зоны в пределах каждой из которых использовалось свое уравнение регрессии. Оценки качества регрессионных уравнений и точности прогнозирования статических поправок по данным МЗСБ до и после районирования территории приведены в таблице 3. Приведенные в ней сведения позволяют сделать вывод о наличии четко выраженной тенденции к уменьшению погрешностей прогнозирования статических поправок при предварительном районировании территории по типу геоэлектри-

ческого разреза. Действительно, для первой и третьей зон среднеквадратичная ошибка вычисления статических поправок по геоэлектрическим характеристикам уменьшилась по сравнению с вариантом без предварительного районирования территории более чем в полтора раза. Для второй зоны отмечается незначительное (0,4) увеличение среднеквадратической погрешности. Улучшение качества регрессий в случае районирования территории по типам геоэлектрического разреза иллюстрируется также рисунком 5.



▲ Рис. 5. Корреляционное поле вычисленных по данным МПВ и МЗСБ статических поправок без учета (А) и с учетом (В) зональности ВЧР по геоэлектрическим характеристикам.

На нем показано корреляционное поле вычисленных по данным МПВ и МЗСБ статических поправок без учета (рис. 5А) и с учетом (рис. 5В) зональности ВЧР по геоэлектрическим характеристикам для одного из опытных профилей, отработанных в пределах Некрасовского

вала. Как следует из сопоставления рис. 5А и рис. 5В, разброс точек относительно линии регрессии после районирования (приведены данные по зоне 3) значительно меньше такового для варианта без предварительного районирования территории.

▼ Табл. 3. Оценки качества регрессионных уравнений до и после районирования территории исследований

Анализируемая зона	Коэффициент детерминации $R^2, \%$	Среднекв. ошибка σ
Совместный анализ данных по всем зонам	82,2	6,9
Зона I	98,1	4,1
Зона II	83,1	7,3
Зона III	89,7	4,5

В условиях Некрасовского вала были также проведены эксперименты по изучению влияния детальности используемых геоэлектрических моделей на точность прогнозируемых статических поправок. При этом оказалось, что повышение детальности геоэлектрических моделей ВЧР с последующим построением регрессий, связывающих послойные данные МЗСБ и МПВ, к повышению точности вычисления поправок не привели. Среднеквадратичные ошибки определения поправок в случае построения детальных геоэлектрических моделей ВЧР отличались от среднеквадратичных ошибок для двухслойных лишь на 0,2–0,3 мс. Причем отклонения наблюдались и в большую и в меньшую стороны. Можно предположить, что повышенная детальность построенных по материалам МЗСБ и МПВ многослойных моделей не обеспечивалась требуемым качеством полевых материалов.

Обобщение результатов выполненных экспериментов дает основание сделать следующие выводы:

- в условиях выполненных опытных работ среднеквадратичная ошибка

определения статических поправок по данным МЗСБ варьируют в интервале 2 – 8 мс;

- предварительное районирование территорий по типам геоэлектрических разрезов ВЧР существенно повышает точность определения статических поправок по электроразведочным данным. Точность может быть также повышена путем включения в используемые для расчета поправок уравнения регрессий альтитуд-дневной поверхности;

- повышение детальности геоэлектрических моделей ВЧР с последующим построением регрессий, связывающих послойные данные МЗСБ и МПВ, не обеспечивает адекватного снижения ошибок вычисления поправок на достигнутом технико-методическом уровне указанных методов;

- суммирование сейсмических записей по ОГТ с введением статических поправок, вычисленных по данным специальных сейсмических методов и электроразведки МЗСБ, в большинстве случаев дает близкие по качеству получаемых временных разрезов результаты. Динамическая выраженность отраженных волн на них, а также коррелируемость осей синфазности, в большинстве случаев совпадают.

В завершении статьи подчеркнем, что авторы отдают себе отчет в том, что она не закрывает весь спектр проблем, связанных с использованием электроразведочных методов для определения статических поправок. Исследовательские работы необходимо продолжить. По нашему мнению, к наиболее перспективным направлениям последующих исследований относится использование вместо средств корреляционно-регрессионного анализа нейросетевых технологий. Это позволит использовать малые обучающие выборки, не обеспе-

чивающие получение статистически достоверных результатов классическими методами. Кроме того, в нейронных сетях можно одновременно использовать независимые и зависимые характеристики, "доучивать" сформированные сети при поступлении новых данных.

Литература

1. А. С. 1536248 СССР. Способ определения статических поправок / С. И. Михеев, В. С. Старовойтов (СССР).—№ 431766731-25; Заяв. 16.10.87; Бюл. № 2,1990.
2. Барулин Г.И. Геофизические основы регионального прогноза нефтегазоносности. -М., Недра, 1983. —176с.
3. Бычков С.Г. Технология определения статических поправок по гравиметрическим данным // Геофизика. 2009. №3. С. 65-68.
4. Завьялов В. А. Методические и технологические подходы к изучению поверхностных неоднородностей с использованием систем МОВ ОГТ в среднем Приобье // Технологии сейсморазведки. – 2009. - № 1.
5. Козырев В.С., Жуков А.П., Коротков И.П., Жуков А.А., Шнеерсон М.Б. Учет неоднородностей верхней части разреза в сейсморазведке. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003.
6. Комплексирование геофизических методов при решении геологических задач / Под ред. Никитского В.Е., Бродового В.В. – 2-е изд. – М.: Недра, 1987. – 471 с.
7. Кунин Н.Я. Комплексирование геофизических методов при геологических исследованиях. М., Недра, 1972
8. Митюнина И.Ю. Методика комплексирования геофизических методов при создании скоростной модели верхней части геологического разреза // Геофизика. 5.2014 с. 41-45.
9. Михеев С.И., Бучарский Б.В., Бессонов А.Д. и др. Определение статических поправок по данным малоглубинных электромагнитных зондирований становлением поля в ближней зоне // Недра Поволжья и Прикаспия. Вып. 31, 2002 г., с. 41-47.

10. Михеев С.И., Михеев Д.С. Некоторые проблемные вопросы изучения и учета влияния верхней части разреза в сейсморазведке // Приборы и системы разведочной геофизики. 1(47)/2014. С. 31-41

11. Морозов В. Ю., Михеев С. И. Основные направления изобретательской деятельности в области сейсмических методов изучения верхней части разреза // Разведка охрана недр.— 1991.— № 2.— С. 51-52.

12. Патент РФ 2411547. Способ определения статических поправок / В.В.Киселев, А.Д.Бессонов, И.П.Соколова,

13. Полак А.С., Рапопорт М.Б. О связи между электрическими и упругими свойствами горных пород // Прикладная геофизика. Вып. 15. Гостоптехиздат, 1956.

14. Серов В.К. О связи между упругими свойствами и электропроводностью горных пород // Вопросы разведочной геофизики. Тр. Свердловского горного института, 1972, №83. С. 81-83.

15. Смилевец Н.П. методика комплексной интерпретации данных сейсморазведки МОГТ и электроразведки ЗСБ в условиях бортовой зоны Прикаспийской впадины // нефтяная промышленность, сер. «Нефтегазовая геология и геофизика», 1983, №1.

16. Степанов Ю.И., Поносов В.А. Применение электроразведки при изучении ВЧР при сейсмических работах // Геофизические методы поисков и разведки. Пермь, 1983, с. 121-124.

17. Угарова Н.П. Комплексная интерпретация геофизических данных в сложнопостроенных районах // Разведочная геофизика. Вып. 91. 1980. С. 68 - 79

Урупов А.К., Бяков Ю.А. О связи значений послойных сейсмических скоростей и продольных электрических сопротивлений // Разведочная и промысловая геофизика. М. Гостоптехиздат, 1960. Вып. 38, с. 94-97.

Подробнее об авторах



Михеев
Сергей Иванович

Д.г.-м.н., профессор,
заместитель генерального
директора
ФГУП «НВНИИГГ»



Селезнев
Владимир Анатольевич

Главный инженер
филиала «СГЭ»
ФГУП «НВНИИГГ»