

Секция №5, устный

УДК 500.837.211:553.98

ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА В КОМПЛЕКСЕ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТ НА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЕ

И.С. Фельдман

ООО «ЕМГЕО», Москва

В предлагаемом докладе мы представляем ряд примеров использования электроразведки для решения нефтегазопроисловых задач на Сибирской платформе. В основном, они отражают работы последних 8-10 лет с использованием новой высокоточной аппаратуры, плотных сетей наблюдений и современных средств обработки и интерпретации. Мы привлекаем также результаты анализа и переинтерпретации большого объема ранее полученных полевых электроразведочных данных по нефтегазопроисловым провинциям Сибирской платформ. На основе этих материалов дается типовой перечень геологических задач, которые стоят перед электроразведкой, и рассматриваются возможности их решения. Показано, что аномалии повышенного сопротивления над месторождениями связаны с областями высокой степени диагенеза и охватывают интервалы глубин, значительно большие, чем толщина продуктивных горизонтов. Поэтому такие аномалии имеют как локальные, так и региональные составляющие по латерали. Показано существенное влияние локальных горизонтальных неоднородностей ВЧР на результаты работ, что нужно учитывать при оценке эффективности тех или других методик. Рассмотрены предложения по наиболее перспективным технологиям электроразведочных нефтегазопроисловых работ.

Ключевые слова: электроразведка МТЗ, сопротивление, диагенез, катагенез, коллекторские свойства, горизонтальные неоднородности, нефтегазоносность.

Существенно изменились наши представления относительно возможностей электромагнитных методов после внедрения на территорию России с 2001 г. новой высокоточной аппаратуры (Phoenix Geophysics Ltd и др.) и современных методов обработки и интерпретации (технология SFMT). Такие работы выполнены в том числе и в нефтегазоносных провинциях Сибирской платформ и Енисей-Хатангском прогибе. Важную роль сыграли также результаты обобщения и переинтерпретации большого объема геолого-геофизических данных на территории Непско-Ботубинской и Байкитской антеклиз и по геотраверсам 1-СБ, 2-СБ и 3-СБ.

Сопротивление как индикатор степени диагенеза и катагенеза

Основной результат этих работ – выявление генетической связи между сопротивлением и нефтегазоносностью. Можно выделить два основных типа такой связи. Первый тип характерен, в основном, для мезокайнозойских отложений крупных прогибов и молодых плит. Здесь на фоне в целом проводящих глинистых образований выделяются высокоомные песчаные разности (руслонные, прибрежные фации, клиноформы), которые и являются предметом поисков. Контурные выделяемых аномалий ρ могут быть несколько большими по латерали и по стратиграфическому интервалу по сравнению с контурами месторождений, поскольку они отражают, прежде всего, соотношение песчаности и глинистости.

Второй тип объединяет палеозойские и более древние образования. В районах с известными месторождениями в этих образованиях области наличия нефти и газа характеризуются увеличением ρ , а контурные высокоомных аномалий коррелируются с контурами месторождений. Следует, однако, заметить, что увеличение ρ в контуре нефтегазоносности происходит в значительно более широком интервале глубин и существенно превышает расчетный вклад от присутствия собственно нефти и газа. Это определенно не укладывается в рамки традиционных представлений о существенной роли собственно углеводородов в создании аномалий сопротивлений [Киселев и др., 1997]. Оказывается, что аномалии ρ имеют как региональную составляющую, которая коррелируется с региональной нефтегазоносностью, так и локальную составляющую, которая коррелируется с группами месторождений или отдельными месторождениями.

По данным лабораторных и натурных исследований причина наблюдаемых закономерностей заключается в достаточно сильной зависимости сопротивлений от степени диагенеза и катагенеза осадочных пород, которая, в первую очередь, определяется достигнутой при этом температурой. Ярким примером такой зависимости является различие в интервальных сопротивлениях осадочного

чехла палеозоя-риффея на Восточно-Европейской и Сибирской палеозоиских платформах. В последней оно в 10-100 раз больше за счет дополнительного прогрева в период триасовой магматической активности. Аномалии, связанные со степенью катагенеза, имеет как региональные масштабы (в несколько тысяч км), так и локальные. Наиболее яркими из последних выделяются глубинные разломы, которые прослеживаются как линейные высокоомные аномалии. На Сибирской платформе некоторые из них прослеживаются на сотни км. Тем самым приходится признать, что представления о относительно высокой проводимости разломов в осадочном чехле и фундаменте, которые когда-то служили проводниками флюидно-газовых эманаций и магматических продуктов из земной коры и верхней мантии, являются заблуждением. История этого заблуждения никакого отношения не имеет к экспериментальным (лабораторным) данным и натурным наблюдениям. Оно явилось следствием грубых ошибок в интерпретации полевых данных, породивших квадратно-гнездовые, столбчатые и яйцевидные геоэлектрические модели. Мы иллюстрируем это «явление» на базе теоретических 2d моделях и наблюденных данных.

Таким образом, полученные геоэлектрические высокоомные аномалии можно было бы рассматривать как признак степени увеличения диагенеза и катагенеза осадочных образований на соответствующих глубинах. Мы, однако, знаем, что генерация и первичная миграция углеводородов происходит только при достижении определенной степени катагенеза [Конторович, 2004]. Таким образом, к указанным выше традиционным задачам электроразведки можно добавить задачу картирования параметра, определяющего степень катагенеза продуктивных горизонтов, характеризующей интенсивность первичной миграции углеводородов.

По-прежнему важной задачей является поиск т.н. коллекторов. Однако, традиционные представления о связи между хорошими коллекторами и зонами повышенной проводимости, по крайней мере для палеозоиских и более древних осадочных образований Сибирской платформы, оказывается, к сожалению, ошибочной. Повышение проводимости основных продуктивных горизонтов как в карбонатном кембрии, так и в терригенном венде и рифее по данным каротажа и отчетам ГИС определяется прежде всего увеличением мощности глинистых прослоев, которые не являются коллекторами. Пласты с высокой пористостью обладают относительно более высокими скоростями и сопротивлениями, пониженной γ -активностью, т.е. соответствуют более известковистым разностям. Причина наблюдаемых закономерностей заключается в привалирующей роли в общей пористости вторичной трещинноватости, что, в свою очередь, указывает на относительную молодость формирования месторождений (ловушек). Последнее подтверждается и совокупностью других геофизических данных.

Изучение рифейских образований (V-преобразование)

В V-преобразовании используется геоэлектрическая модель, полученная в результате решения обратной задачи. Как правило, для осадочного чехла в этой модели 10-13 слоев. Каждый слой разделяется еще на 10-20 слоев и для каждого такого тонкого слоя решается вариационная задача с максимизацией функции отклика при изменении его сопротивления. Таким образом, мы получаем связь между частотой и глубиной, а соответственно, возможность выделения достаточно тонкой структуры «напластований» внутри каждого выделенного горизонта (рис.1). Следует отметить определенное сходство в структуре изолиний как первой, так и второй производной на параллельных профилях (расстояние 5-6 км), что определенно подтверждает высокую точность полевых данных, и достоверность выделяемых аномалий. Это открывает нам новые возможности в прогнозе структурных и литологических ловушек, при очевидном условии существенного увеличения плотности наблюдений.

В ряде случаев V-преобразование позволяет решить геологическую задачу, которая заведомо находится за пределами возможностей обратной задачи. Один из таких примеров мы можем продемонстрировать на материалах МТЗ на Нижнеимбакской площади параметрического бурения в Приенисейском прогибе Сибирской платформы [Фельдман и др., 2009], характеризующих складчатое рифейское основание, на котором со структурным несогласием залегает палеозойский осадочный чехол. Известно, что рифейские образования имеют блоковую структуру, а корреляция разновозрастных горизонтов достаточно сложная проблема даже по результатам бурения. Прежде всего, решим обратную задачу, исключив из первого приближения границу между вендом и рифеем, которая определяется крайне неустойчиво. На разрезах V-образований по данной модели мы наблюдаем в нижней части разреза ярко выраженные структурные особенности, которые хорошо коррелируются между профилями. Выделим в поле изолиний на каждом профиле кровлю складчатого рифейского основания (RF), которая совпадает с подошвой венда, и три условных границы R_1 , R_2 и R_3 в рифее. Теперь мы можем построить схему поверхности рифейского основания

(H_{RF}) и схему приращения глубин границ R_3 относительно этой границы. Таким образом, мы получили 3d структурно-тектоническую модель рифейских образований, в которых в западной части Сибирской платформы сосредоточена большая часть нефти и газа.

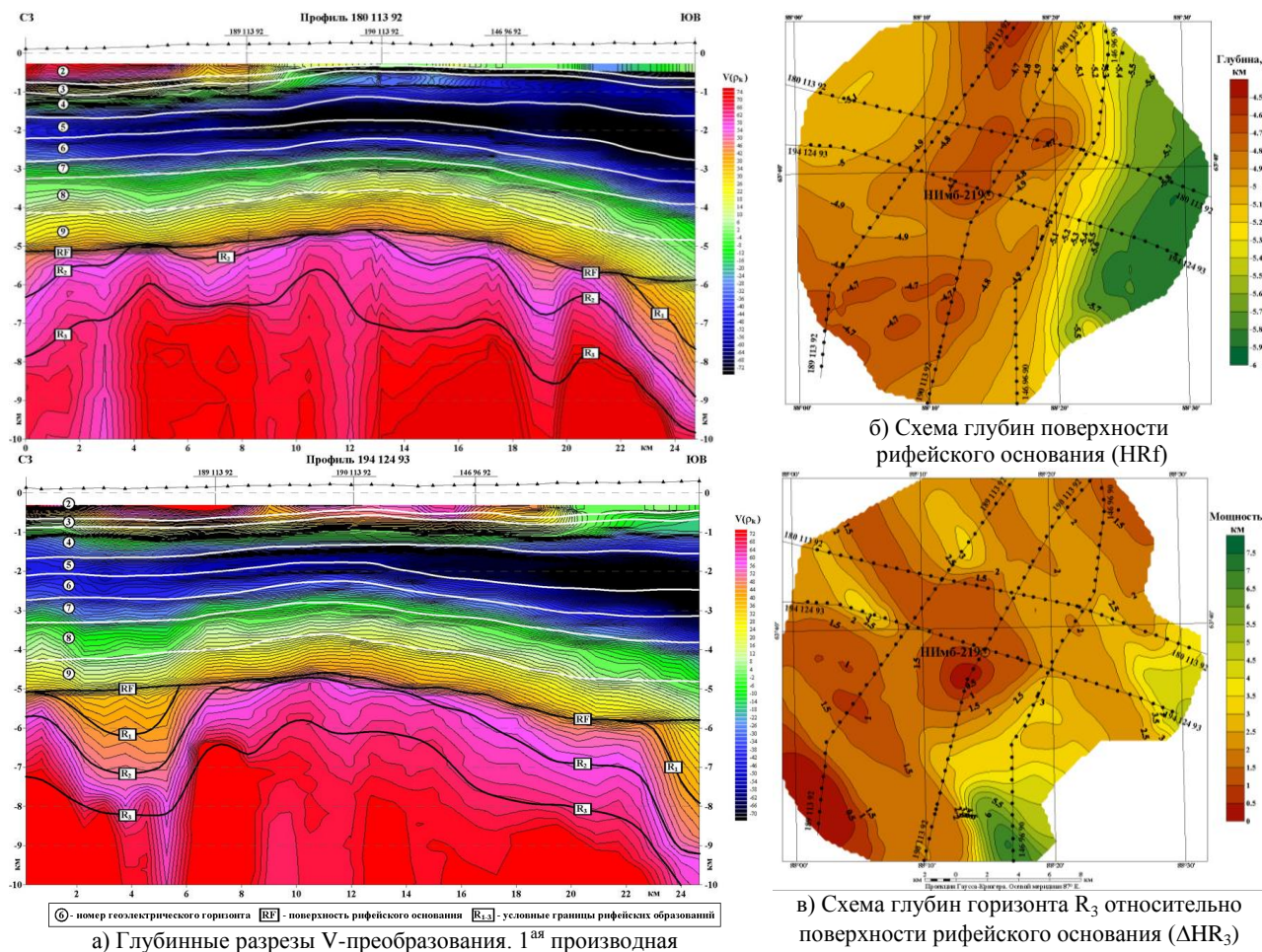


Рис.1. Приенисейский прогиб Сибирской платформы. Нижнеимбакская площадка. Геоэлектрическая модель рифейского складчатого основания по данным МТЗ

Рассмотрены вопросы геологической эффективности различных методов и технологий электромагнитных зондирований в реальных геоэлектрических условиях. Кроме того, что сами объекты поисков могут представлять собой достаточно сложные трехмерные структуры, основные трудности в их расшифровке связаны с наличием в перекрывающих их отложениях целого спектра неоднородностей, создающих помехи, превышающие полезный сигнал от объекта в десятки и сотни раз. С учетом этого сформулированы основные требования к новым электроразведочным технологиям, которые учитывали бы не только необходимые возможности решения геологических задач, но и неизбежные ограничения, связанные со сложностью геоэлектрических условий при минимизации стоимости и воздействий на окружающую среду.

1. Киселев Е.С., Ларионов Е.И., Сафонов А.С. Электрические свойства нефтегазоносных разрезов. Поисковые признаки залежей углеводородов в методах высокоразрешающей электроразведки. Москва, Научный мир, 2007, 172 с.;
2. Конторович А.З. Очерки теории нафтидогенеза, Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2004 г.;
3. Фельдман И.С., Ефимов А.С., Тригубович Г.М. Роль геоэлектрических параметров и атрибутов в комплексе нефтегазопроисковых работ. Доклад на 11-ой международной научно-практической конференции «Геомодель – 2009 г». Геленджик, 2009.