

Применение электроразведочных методов в комплексе с сейсморазведкой в нефтегазовой геофизике

Соколова И.П., ФГУП «НВ НИИГГ», г. Саратов

Исторически сложилось так, что ведущее место в геологоразведочном процессе при решении различного рода задач нефтяной и газовой геофизики принадлежит сейсморазведке. И это справедливо, поскольку здесь ни один из существующих на сегодняшний день геофизических методов не может сравниться с ней по информативности и достоверности полученных материалов. Однако, практика геофизических работ, особенно в районах со сложным геологическим строением, показывает, что интерпретация волнового поля, как правило, многовариантна и допускает существование большого количества равноценных по достоверности моделей строения изучаемых территорий. Применение сейсморазведки, в основном, направлено на выявление структурных форм, определяющих наличие замкнутой ловушки углеводородов (УВ). Однако значительная часть поисковых и разведочных скважин не вскрывает залежей УВ из-за недостатка достоверных сведений о возможной нефтегазоносности выявленных структур и сведений о контурах уже выявленных залежей. Особенно низка эффективность геологоразведочных работ при поисках залежей углеводородов в ловушках неантиклинального типа. Это объясняется не только низкой точностью выявления соответствующих структурных форм по сравнению с антиклинальными структурами, но и отсутствием надежных критериев продуктивности самих ловушек. В связи с этим одна из актуальных проблем развития геофизических методов - создание комплексных технологий, обеспечивающих выявление ловушек разных типов и прогноз наличия в них углеводородов. Снизить степень неоднозначности полученных результатов можно только за счет привлечения материалов других геофизических методов, одним из которых является электроразведка.

В силу физических особенностей взаимодействия электромагнитного поля с геологической средой данные электроразведки позволяют оценить распределение петрофизических параметров отложений, слагающих изучаемый разрез, как по глубине, так и по латерали, что существенно повышает информативность геофизических данных. Интерпретация электроразведочных материалов желательно проводить в комплексе с данными других геофизических методов, и, прежде всего, сейсморазведки, что позволяет существенно снизить степень неоднозначности геофизических прогнозов. Причем комплексирование должно осуществляться не только на этапе сопоставления полученных материалов, а на всем протяжении работ. Обязательным условием эффективного комплексирования является отработка полевых сейсмических и электроразведочных профилей по единой сети, что позволяет в дальнейшем осуществить совместную интерпретацию данных уже на начальном этапе решения обратной задачи каждого метода.

В настоящее время существует большое количество методик электроразведки, ориентированных на решение различных геологических задач и отличающихся идеологическими подходами к интерпретации регистрируемых параметров

(кажущегося электрического сопротивления, вызванной поляризации и т.д.), которые могут быть использованы на различных этапах геологоразведочного процесса. На региональном этапе, как правило, применяются электроразведочные методы МТЗ и ЗСБ, дающие представление о распределении физических неоднородностей и наличии опорных геофизических границ на глубинах до нескольких километров. На поисково-разведочной стадии применяются электроразведочные методики ЗСБ, ЗС-МП, ВП, ВРЭ-ВП, ДНМЭ и др., обеспечивающие детальное изучение геологического разреза. Здесь появляется возможность не только выделить в разрезе участки возможного скопления углеводородов, но и дать им более точную глубинную (стратиграфическую привязку), спрогнозировать тип предполагаемой ловушки и определить контур залежи УВ.

Решение геологических задач, связанных с прогнозом нефтегазоносности, обеспечивается теми изменениями физических свойств среды в области залежи углеводородов (УВ), которые проявляются в геоэлектрических параметрах разреза. Залежь УВ можно рассматривать как локальный аномальный объект по сопротивлению и поляризуемости, расположенный внутри горизонтально-слоистого разреза. Наиболее характерными электроразведочными признаками присутствия углеводородов являются повышение сопротивления коллектора в зоне углеводородонасыщения, высокая проводимость в приконтактных участках, интенсивные аномалии вызванной поляризации и кальцитизации над залежью. Необходимо отметить, что аномалии вызванной поляризации и сопротивления могут быть связаны не только с нефтегазоносностью, но и с другими физико-геологическими причинами. Ранжирование электроразведочных аномалий выполняется на основе построения согласованной физико-геологической модели изучаемого разреза с использованием всего комплекса геолого-геофизической информации, имеющейся на данной территории.

В ФГУП «НВ НИИГГ» под руководством д.т.н. Смилевца Н.П. разработана и доведена до промышленного использования технология построения согласованной физико-геологической модели среды для прогноза ее нефтегазоперспективности на основе комплекса данных сейсмо- и электроразведки [1,2]. Технология позволяет совместить распределение любых геоэлектрических параметров с временным или глубинно-динамическим сейсмическим разрезами, изучить распределение сейсмогеологических и геоэлектрических неоднородностей по латерали и глубине, и выделить потенциально продуктивные объекты с определением типа предполагаемых ловушек углеводородов.

Совместное рассмотрение материалов двух независимых геофизических методов (сейсмо- и электроразведки) позволяет выделить в разрезе и стратифицировать (с учетом скважинных данных) единые сейсмогеоэлектрические комплексы, различающиеся по своим физическим характеристикам, определить рельеф кровли опорных сейсмо-геоэлектрических комплексов (кристал-

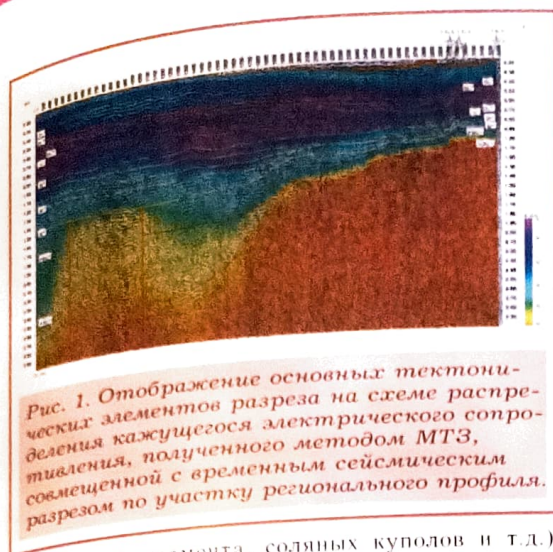


Рис. 1. Отображение основных тектонических элементов разреза на схеме распределения кажущегося электрического сопротивления, полученного методом МТЗ, совмещенной с временным сейсмическим разрезом по участку региональный профиль.

литического фундамента, соляных куполов и т.д.), проследить изменение толщин отдельных комплексов, составляющие основу согласованной модели, выделить зоны предполагаемых тектонических нарушений (рис.1). В рамках согласованной сейсмогеоэлектрической модели для заданного стратиграфического интервала выполняется расчет значений физических параметров (прогнозных значений интервальных скоростей и продольного электрического сопротивления), на основе которого осуществляется прогноз литологического состава изучаемого комплекса пород и характера их флюидонасыщения.

Используемая в данной технологии авторская методика прогноза нефтегазоносности основана на различной чувствительности скорости и сопротивления к петрофизическим свойствам отложений и характеру их флюидонасыщения [3,4]. Необходимо отметить, что электроразведка является единственным геофизическим методом, в регистрируемом параметре которого (продольном электрическом сопротивлении) эффект от залежи УВ, обладающей бесконечно высоким сопротивлением, на порядок, а то и более, превосходит аномальные эффекты в других геофизических полях. Если интервальная скорость, в основном, реагирует на изменение петрофизических свойств отложений, то удельное электрическое сопротивление в значительной степени зависит от характеристик флюида, заполняющего поровое пространство породы. При отсутствии в разрезе залежи углеводородов графики интервальных скоростей и продольного сопротивления для определенного стратиграфического интервала разреза ведут себя «синфазно», реагируя, в основном, на литофациальную изменчивость отложений (рис.2а). В продуктивных интервалах разреза отмечается инверсия графиков продольного сопротивления и прогнозных значений интервальных скоростей: уменьшение значений интервальных скоростей, обусловленное разуплотнением пород (улучшением их коллекторских свойств), и увеличение значений кажущегося продольного сопротивления, связанного с присутствием в разрезе флюида (нефти или газа, рис.2б). Это обстоятельство положено в основу способа, позволяющего учесть и в дальнейшем вычлечь из наблюдаемых значений продольного сопротивления его «литологическую» составляющую (связанную прямо пропорционально со скоростью) и изучать ту его часть, которая характеризует характер флюидонасыщения и названа авторами комплексным сейсмоэлектроразведочным параметром (КП). Положительные значения КП, превышающие фоновые в 2-5 раз,

считаются аномальными и свидетельствуют о возможном присутствии в разрезе углеводородов. Совместное рассмотрение сейсмического разреза и схем распределения КП позволяет выделить участки, перспективные для обнаружения залежей УВ с прогнозом типа предполагаемой ловушки.

Многолетний опыт применения методики прогнозирования нефтегазоносности доказал ее высокую эффективность на различных стадиях изучения территорий. Проведенные исследования на месторождениях в различных нефтегазоносных провинциях показали повсеместное соответствие аномально высоким значениям КП продуктивным интервалам разреза, вскрытым скважинами, и позволили заметить новые перспективные для обнаружения залежей УВ объекты как структурного, так и неструктурного типа (ловушки, связанные с зонами выклинивания, литофациальных замещений, рифогенными постройками и др., рис.3). При наличии кондиционной сети электроразведочных наблюдений существует возможность изучения пространственного положения залежи в любом стратиграфическом интервале разреза, что способствует оптимизации мест заложения поисково-разведочных скважин. Данная методика успешно используется при разбуривании по степени перспективности подготовленных под бурение сейсморазведочных структур, выявлении в разрезе и прогнозе нефтегазоносности ловушек неантиклинального типа, определении контуров распространения залежей углеводородов на уже открытых месторождениях. Выполненные по данной методике в различных нефтегазоносных регионах России и Ближнего Зарубежья прогнозные оценки имеют высокий коэффициент подтверждаемости последующим бурением. Хорошие результаты дает использование дополнительной информации о распределении кажущейся поляризуемости, регистрируемой электроразведочным методом ВП

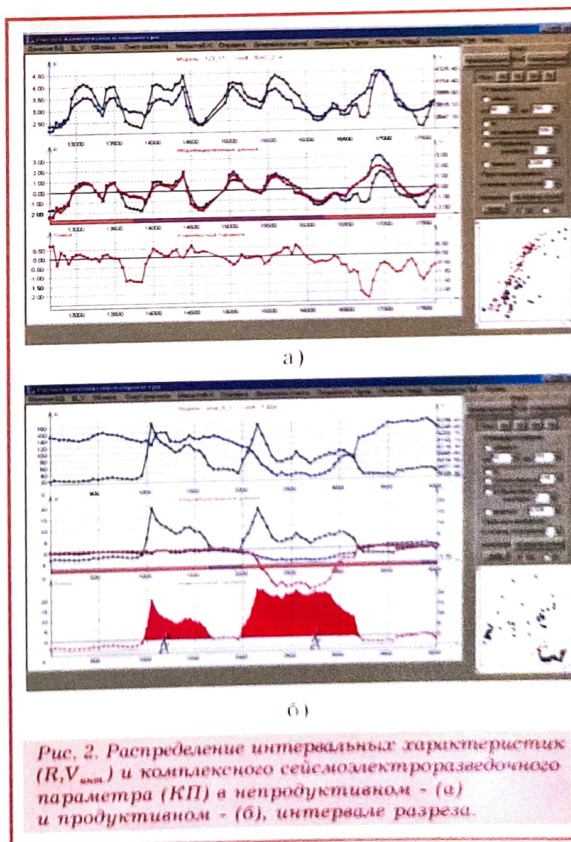


Рис. 2. Распределение интервальных характеристик (R, V) и комплексного сейсмоэлектроразведочного параметра (КП) в непродуктивном - (а) и продуктивном - (б), интервале разреза.

ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

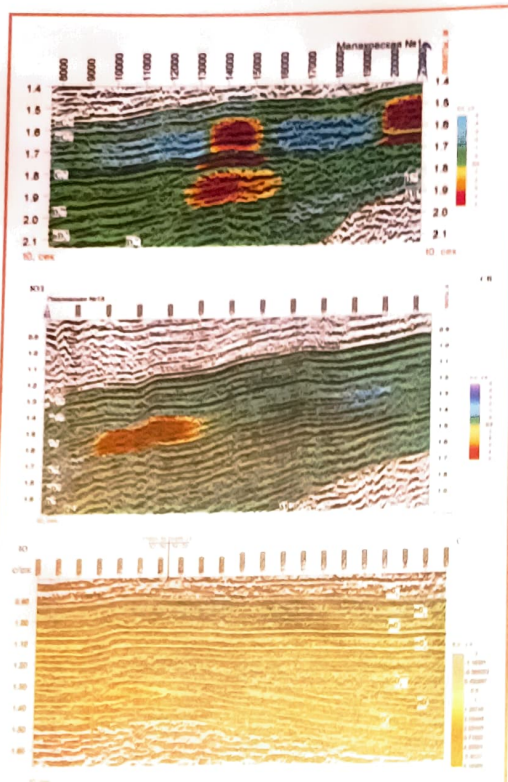
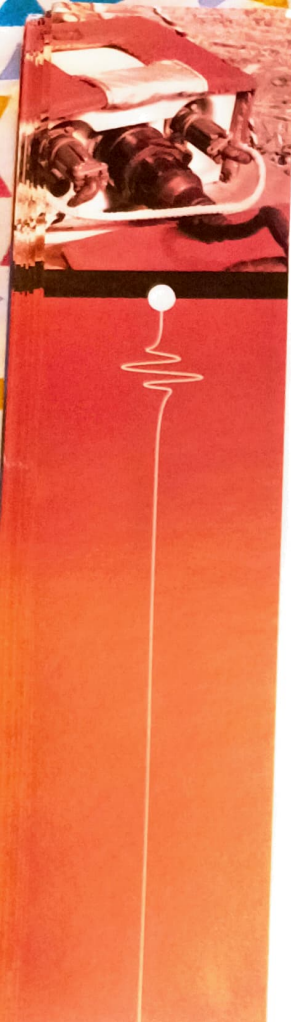


Рис. 3. Выделение перспективных объектов различного типа на основе комплекса сейсмо-электроразведочных данных.

в различных модификациях, аномальные значения которой также являются косвенным показателем наличия углеводородов.

Повышение точности и достоверности выполненных по электроразведочным данным прогнозов может быть достигнуто путем комплексирования с результатами динамической интерпретации материалов сейсморазведки 2D и 3D, содержащих в себе информацию о пространственном положении, геометрии, литолого-фациальном составе и фильтрационно-емкостных свойствах пластов-коллекторов. Такой подход к комплексированию разнородной геофизической информации, имеющей различную природу и разрешающую способность, позволяет локализовать объекты, оценить перспективы их нефтегазоносности и, как уже было отмечено выше, оптимизировать местоположение разведочных и эксплуатационных скважин.

Литература

1. Смилевцев Н.П. Новый подход к комплексной интерпретации геофизических данных. Геофизика, №6, 1997г.
2. Патент на изобретение №2155977 Способ геофизической разведки. Авторы: Смилевцев Н.П., Соколова И.П., зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Российской Федерации, г.Москва, 10.09.2000.
3. Патент на изобретение №2154847 Способ геофизической разведки при поисках нефтегазовых месторождений. Авторы: Смилевцев Н.П., Соколова И.П., зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Российской Федерации, Москва, 20.08.2000.
4. Смилевцев Н.П., Соколова И.П., Фефер О.М., Кузнецов А.А. Поиск нефтегазоносности на основе комплексной интерпретации данных сейсмо-, электро- и гравитразведки // ИВ НИИГГ, г.Саратов, 1992г. Деп. в ВИЗМС № 1033-МГ92.



World Leader in Magnetotellurics PHOENIX GEOPHYSICS

- Многофункциональная и специализированная электроразведочная аппаратура для всех наземных ЕМ методов. Высокоточная GPS синхронизация всех приборов.
- Датчики, приёмники, генераторы, мониторинговые системы, вспомогательное оборудование.
- Полный комплект аппаратурно-технических средств и программного обеспечения для выполнения полевых измерений, обработки и интерпретации. Русифицированная документация. Сдача под ключ на объекте Заказчика.
- Централизованное обучение обслуживающего персонала и курсы повышения квалификации в России. Гарантийное сервисное обслуживание в течение трех лет



Toronto

Системы в полном комплекте для поисков, разведки, мониторинга и научных исследований

Тел: +1 416 491-7340 Факс: +1 416 491-7378 www.phoenix-geophysics.com mail@phoenix-geophysics.com