УДК 550.837+551.53

А.В.ПОСПЕЕВ, В.А.КОНДРАТЬЕВ,
Ю.А.АГАФОНОВ, А.М.ПАШЕВИН,
Е.А.ОЛЬХОВИК
ФГУГП «Иркутскгеофизика»

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА ЮГА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Электромагнитные исследования на Присаяно-Ленском опорном геофизическом профиле проводятся ФГУГП «Иркутскгеофизика» с 1998 г. За это время выработан рациональный комплекс методов, а также полевые технологии, позволяющие с наибольшей эффективностью решать задачи определения геоэлектрических параметров осадочного чехла, земной коры и верхней мантии. Дается краткая характеристика геологических условий вдоль профиля; описаны геологические задачи, решаемые нестационарными зондированиями с применением современной телеметрической аппаратуры. На основании анализа средних квазипродольных кривых магнитотеллурических зондирований (МТЗ) дается характеристика глубинного геоэлектрического разреза и его региональная геотермическая интерпретация.

Electromagnetic investigations along Prisayano-Lensky key geophysical profile are fulfilled by FSUGE «Irkutskgeophysica» since 1998. During this time the rational complex of methods and field technologies were developed. That allowed to determine geoelectric parameters of sedimentary cover, the Earts's crust and upper mantle most effectively. Short characteristic of geological conditions along the key profile is presented in the paper, so as some geological problems resolved by time-domain soundings (using the present-day telemetric equipment), are described. The deep geoelectric section is characterised basing on analysis of averaged near-longitudinal MTS curves. It made possible to estimate regional geothermal conditions of investigated area.

ГФУГП «Иркутскгеофизика» выполняет работы на Присаяно-Ленском региональном опорном профиле, имеющем протяженность в пределах Иркутской области 1300 км. Он запроектирован от складчатого обрамления Сибирской платформы на юго-западе до Мархаянского прогиба на северо-востоке и пересекает наиболее крупные структурные элементы юга Сибирской платформы: Присаянский краевой прогиб, Ангаро-Ленскую ступень, Непско-Ботуобинскую антеклизу и наиболее приподнятую ее часть – Непский свод. Профиль проходит через Ковыктинское, Марковское, Аянское, Дулисьминское и Даниловское месторождения нефти и газа.

Сведения о глубинном строении территории до проведения работ были основаны на достаточно разнородных данных сейсмических, электромагнитных исследований и результатах интерпретации потенциальных полей. Несмотря на то, что принципиальная модель глубинного разреза в целом была определена, различная детальность, точность и масштаб данных, положенных в ее основу, соответствующим образом сказывались на геологической надежности. С этой точки зрения отработка опорного профиля комплексом современных геофизических методов с единых методических позиций позволяет значительно поднять информативность исследований.

Основной особенностью строения осадочного чехла является наличие трех геоэлектрических комплексов: терригенного надсолевого, карбонатно-галогенного с поперечным сопротивлением около 10^7 Ом·м^2 и подсолевого с проводимостью от единиц до 20 Ом. Кристаллический фундамент платформы имеет сопротивление сотни ом-

метров. В средней-нижней части коры сопротивление кристаллических пород снижается до первых сотен ом-метров за счет их флюидизации. Ниже сопротивление вновь нарастает. На глубинах около 200 км отмечается увеличение проводимости разреза, связанное с присутствием астеносферного слоя.

При наличии жесткого непроводящего экрана в карбонатно-галогенном комплексе осадочного чехла методы электромагнитных зондирований, использующие гальванический источник поля, обладают пониженной чувствительностью к вариациям сопротивления подсолевого комплекса – основного геологического объекта, содержащего перспективные в нефтегазоносном отношении зоны коллекторов. Нижележащие горизонты осадочного чехла и фундамент формируют правую восходящую ветвь кривой МТЗ, интерпретация которой дает решение в широких рамках эквивалентности. При этом продольная проводимость среднего и нижнего комплексов суммируется, так что раздельное ее определение практически невозможно.

При наличии горизонтальных неоднородностей в надсолевой и нижележащих частях разреза магнитотеллурическое поле испытывает значительные гальванические влияния. Последние приводят к «статическому» сдвигу правых ветвей кривых. Наличие плохо проводящего экрана также снижает чувствительность гальванической моды к вариациям подсолевой проводимости. В этом случае для надежного определения параметров глубинного разреза требуется комплекс методических приемов, минимизирующих влияние гальванических эффектов.

В то же время геоэлектрическое строение осадочного чехла юга Сибирской платформы характеризуется как весьма благоприятное для изучения методами нестационарных зондирований. Высокое электрическое сопротивление плотных вмещающих пород осадочного чехла значительно отличается от сопротивления горизонтов-коллекторов. Насыщение коллекторов высокоминерализованными флюидами обуславливает четкую корреляцию электрических свойств горизонтов и их емкостных параметров, а также позволяет оценивать тип флюида.

Таким образом, для оценки параметров осадочного чехла предпочтительно использовать зондирования с индуктивными источниками поля. Глубинная часть разреза изучается методом МТЗ. При этом использование данных зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗСБ) при интерпретации материалов МТЗ позволяет учитывать гальванические эффекты. В этом случае имеется квазиодномерная модель геоэлектрического разреза осадочного чехла, и, соответственно возможность оценки истинного уровня кривых МТЗ.

Зондирования становлением поля. Работы методом ЗСБ выполняются с использованием цифровой телеметрической электроразведочной станции, которая относится к последнему поколению геофизической аппаратуры. Основу многоканальной регистрирующей системы составляют автономные полевые модули, оснащенные 24-разрядными АЦП, встроенными GPS-приемниками и системами тестирования. Большое внимание уделено разработке программного обеспечения регистрации сигналов, подавления помех, качественной и количественной интерпретации. Высокая точность измерений и производительность станции позволяют решать широкий спектр геологических задач.

Количественная интерпретация проводится, как правило, в рамках одномерной инверсии с закреплением глубин горизонтов разреза по данным сейсморазведки и бурения. Это обеспечивает минимизацию влияния принципа эквивалентности. Кроме того, появилась возможность эффективного применения метода в условиях высокого уровня промышленных помех.

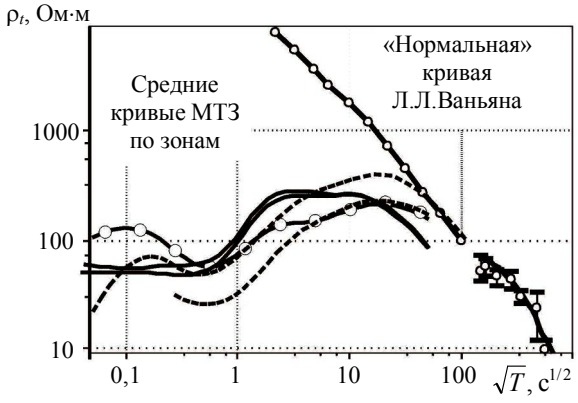
Можно выделить три основных направления работ методом ЗСБ на юге Сибирской платформы:

1. *Методика профильных зондирований*. Основная задача – изучение строения осадочного чехла на этапе регионального прогнозирования зон коллекторов, разведка участков, перспективных на углеводородное сырье. Статистическая обработка результатов интерпретации обеспечивает вероятностный прогноз пластов-коллекторов. Существенным достоинством метода в данной модификации являются относительно низкая стоимость работ и получение результатов съемки в реальном времени.

2. *Площадные системы наблюдения*. Применение площадных зондирований актуально при изучении объектов со значительной изменчивостью свойств по латерали, оконтуривании локальных неоднородностей, поисках зон структурных нарушений, картировании границ выклинивания коллекторов. Примером являются работы на Ковыктинском газоконденсатном месторождении и прилегающих территориях. Результаты работ методом ЗСБ позволяют выделять интервалы разреза, в которых могут быть встречены коллекторы, оценивать их насыщение и прогнозировать возможные осложнения при проходке глубоких скважин.

3. *Мониторинговые наблюдения по сети с повышенной пространственной плотностью наблюдений*. Пример решения новых геоэкологических задач – мониторинговое изучение осадочного чехла в районе крупных промышленных комбинатов, где происходит интенсивное технологическое воздействие на окружающую среду. Получаемые карты и разрезы позволяют представить объемную геоэлектрическую модель, следить за эволюцией коллекторов во времени и изменением их флюидонасыщения.

Магнитотеллурические зондирования. Исследования методом МТЗ выполняются современными станциями MTU-System-2000 («Phoenix Geophysics», Канада). Значительное повышение разрядности АЦП в современных станциях и расширение частотного диапазона регистрации МТ-поля обеспечивает на порядок лучшее качество



Средние кривые МТЗ по Присаяно-Ленскому опорному геофизическому профилю

кривых МТЗ по сравнению со станциями старого поколения (ЦЭС-2). Главным преимуществом канадских станций является их высокая технологичность, обеспечиваемая за счет синхронной автономной записи МТ-поля.

При интерпретации данных МТЗ основное внимание уделяется оценке параметров глубинной части разреза, поскольку геоэлектрическое строение осадочного чехла с достаточной точностью оценивается нестационарными зондированиями. При этом применяются методики интерпретации с отбором квазипродольных кривых и минимизацией остаточных негоризонтальных влияний статистическими методами. Данная методика позволяет получать плавные глубинные геоэлектрические разрезы.

Отработанный участок регионального профиля Зима – Улькан пересекает ряд площадей, перспективных на углеводородное сырье, и ряд известных месторождений, в том числе Ковыктинское газоконденсатное, которое в настоящее время находится в стадии эксплуатационного бурения.

Собранные по участкам средние квазипродольные кривые характеризуют геоэлектрическое строение региона (см. рисунок). На фоне градиентного уменьшения сопротивления с глубиной отмечается хорошо выраженный проводящий слой, кровля которого залегает на отметках 20-25 км, а подошва соответственно на глубине 35-40 км. Этот слой, выделенный еще на первых этапах МТ-исследований в Восточной Сибири

и закартированный практически повсеместно на юге Сибирской платформы, получил название литосферный проводящий слой (ЛПС).

Характерной особенностью является «аномальное» (на 5 км) воздымание ЛПС в районе Ковыктинского месторождения, что может свидетельствовать об особом термобарическом и флюидном режиме недр на этой территории.

Нисходящая ветвь кривых МТЗ, которая характеризует поведение кровли астеносферного проводящего слоя, с юго-запада на северо-восток сдвигается в область больших периодов, что свидетельствует о постепенном изменении температурного режима земной коры и верхней мантии в этом направлении. Более прогретый разрез под Саяно-Байкальской складчатой областью сменяется более холодным разрезом платформы.

Опыт применения электромагнитных зондирований на территории юга Сибирской платформы показал высокую эффективность зондирований становлением поля при изучении геоэлектрического строения осадочного чехла. Результаты работ методом магнитотеллурических зондирований позволяют исследовать глубинное строение платформы.