

ОЦЕНКА НЕФТЕПЕРСПЕКТИВНОСТИ СТРУКТУР В МЕЛЕКЕССКОЙ ВПАДИНЕ ПО ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ЗОНДИРОВАНИЯМ

Предлагается на основе материалов магнитотеллурического зондирования и дипольно-осевого зондирования вызванной поляризации в частотном режиме проводить оценку нефтеперспективности выявленных по данным сейсморазведки структур. Установлено, что подавляющее большинство залежей углеводородов характеризуются интенсивными аномалиями электропроводности и вызванной поляризации и их пространственным соотношением. Разработанная технология опробована в юго-западной части Мелекесской впадины.

Введение

Электромагнитные методы в различных модификациях успешно опробованы на нефтегазовых месторождениях во многих провинциях России и ближнего зарубежья. Подавляющее большинство месторождений характеризуется интенсивными аномалиями электропроводности и вызванной поляризации, но пространственное их соотношение с залежами УВ достаточно сложное и разнообразное. Это обстоятельство, в некоторой степени, затрудняет широкое их использование в практике геологоразведочных работ. Поэтому данная работа посвящена комплексному решению методических и геологических аспектов применения электромагнитных зондирований при изучении аномалий от залежей углеводородов на территории Татарстана.

Авторами разработана и опробована технология оценки нефтеперспективности выявленных по данным сейсморазведки структур, которая основана на электромагнитных исследованиях в модификациях магнитотеллурического зондирования (МТЗ) и дипольно-осевого зондирования вызванной поляризации (ДЗ-ВП) в частотном режиме. Сочетание методов, используемых для изучения геологической среды, естественного электромагнитного поля Земли и физико-химического поля, образованного с контролируемым источником, позволяет целенаправленно применять их при поиске участков на наличие углеводородов (УВ). Результаты исследований полей различной природы можно считать дополняющими друг друга и весьма эффективными при сложных геологических условиях.

Методика электроразведочных работ в модификациях МТЗ и ВП хорошо разработана и описана в многочисленных публикациях. Однако, по ряду причин, методы не нашли широкого применения при поисках углеводородов на территории Волго-Уральской нефтяной провинции. Вместе с тем, простота использования МТЗ и метода вызванной поляризации на переменном токе в условиях относительно высокоомных сред и при наличии промышленных помех позволяет повысить эффективность комплексных геофизических работ в Татарстане и на сопредельных с ней площадях.

Известно, что эффекты, вызываемые залежами УВ на кривых сопротивления, невелики, и фактическая поляризация осадочных пород с ионной проводимостью очень мала. Аномалии ВП образуются в сложно построенных ионопроводящих средах за счет процессов двух типов (Овчаренко и др., 2002): а) изменения гидрохимических условий среды и образования над залежью рассеянных УВ вплоть до дневной поверхности (ореолы сульфидизации,

кальцитизации, доломитизации); б) изменения структуры порового пространства в водонефтегазонасыщенных частях коллектора. Эпигенетические процессы существенно изменяют переходные характеристики вызванной поляризации горных пород за счет образования сульфидных минералов. Для изучения этих изменений создана надежная петрофизическая основа и методика.

Мы используем модель, в которой залежь УВ рассматривается как аномальный объект по электропроводности и поляризуемости в увязке с рядом дополнений. Геоэлектрическая модель, представляющая собой многослойную среду с изменениями удельной электропроводности тонких пластов-коллекторов в виде включений проводников (перераспределению электрического тока в продуктивных горизонтах, в основном, способствует рыхлосвязанная вода) и диэлектриков (углеводородная залежь проявляется как высокоомное включение), может быть представлена как RC цепочка. Поляризующий ток заряжает внутри целевого горизонта залежь, создавая определенную величину электромагнитного поля, которая может быть успешно зарегистрирована на дневной поверхности. Поэтому, при некоторых условиях, наблюдается связь интенсивной аномалии вызванной поляризации с местоположением залежи. В частности, в реальных геоэлектрических средах проявляется уменьшение кажущегося электрического сопротивления над центральными частями контура, образование локальных аномалий повышенной поляризуемости на глубине в зоне расположения продуктивного горизонта и резкого возрастания градиента продольной проводимости горизонтов в аномальной области поднятия. Это дает реальную возможность оценить нефтенасыщенность именно данного структурного этажа.

Высказанное суждение о зональном изменении электрического сопротивления и поляризуемости подтверждается на фактическом материале. Авторы не исключают иных мнений о физической природе факторов, обуславливающих аномальные электрические эффекты над залежами углеводородов (Кукуруза, Смольников, 1984).

Методика электромагнитных зондирований

Магнитотеллурическое зондирование. Многочисленные МТЗ, проводимые с целью изучения осадочного чехла и верхней части кристаллического фундамента на территории Волго-Уральской нефтяной провинции, позволили выбрать оптимальные характеристики регистрирующей системы (Каримов и др., 2003). В местах проявле-

ния сейсмической структуры шаг МТ зондирований по профилю не должен превышать 0,5 км, а за ее пределами возможно увеличение до 1 км. Проводится запись четырех компонент естественного электромагнитного поля Земли в частотном диапазоне от 400 Гц до 0,1 Гц. Процедура обработки полевого материала, во многом, стандартная и включает анализ тензора импеданса с оценками эффектов искажения и геоэлектрической размерности среды. Расчеты модели среды проводятся по одномерной и двумерной инверсии фазовых и амплитудных кривых.

Используя процедуру дифференцирования к кривым квазипродольного и квазипоперечного сопротивления МТЗ, определяют кажущиеся сопротивления (или электропроводность) более высокого порядка с изображением модели в рамках градиентных сред. Эти преобразования возможны лишь при условии, что исходные данные $\rho(T)$ имеют достаточно малую погрешность, либо в процессе трансформации в $\rho(h)$ подвергаются пространственно-временному накоплению значений, фильтрации или регуляризации. Близость кажущихся значений $\nabla^2\rho$ или $\nabla\sigma$ (удельная электропроводность поперечного сечения слоя) к истинным параметрам позволяет использовать форму полученных кривых для изображения геоэлектрической модели. Они более эффективны по сравнению с $\rho(h)$, подчеркивая в разрезе границы раздела слоев разной электропроводности и геометрию объектов.

Установки зондирований в модификациях ВП. Применительно к нашей методике следует рекомендовать три типа дипольных установок с гальваническим возбуждением, в которых источником является заземленная линия АВ, с вынесенной приемной рамкой (вид АВ- q) или диполем (вид АВ-МN), и в случае электротомографии установка с удаленным базовым электродом N^∞ . Исходя из опыта полевых работ, наиболее рациональная модификация установки – односторонняя дипольная осевая АВ-МN. В то же время получение более полной информации о разрезе следует ожидать от разнесенных встречных установок с широкой выборкой рабочих частот.

Выбор размеров установок определяется с позиций обеспечения максимальной величины сигналов от прогнозируемой глубины. В этом случае методические приемы, применяемые при околнуривании углеводородной залежи, находящейся в слабо дифференцированной по электропроводности среде, заключаются в следующем. Полевые исследования выполняются установкой ДЗ-ВП с гальваническим заземлением питающих и приемных линий: АВ=200 м, МN=200 м, начальный разнос R = 400 м, шаг зондирований по профилю 400 м, сила тока 25 – 45 А. При увеличении действующего расстояния до 3200 м информативность исследований по глубине сохраняется, а индуктивное влияние на частотную характеристику не наблюдается. Вместе с тем сокращение действующего расстояния приводит к тому, что размеры датчиков могут быть соизмеримы с разнесом. В этом случае проявляется недипольность датчиков, и ее необходимо учитывать путем введения фиктивного разноса.

Типичные частотные характеристики фазового параметра в отдельных пунктах профиля, полученные при R до 3200 м, делятся на три группы: с положительным угловым коэффициентом, отрицательным коэффициентом с относительно большой и малой крутизной. Неискаженные индукцией отрезки частотных характеристик заключены в диапазоне от 0.076 до 1.22 Гц и приняты нами как основ-

ные при полевых наблюдениях и истолковании материала.

Возникающие эффекты искажения кривых ρ_K и Φ_{1-3} , обуславливающие систематическое отклонение значений по глубине и/или по профилю, могут быть исключены при интерпретации с помощью статистического анализа временного и пространственного представления параметров для различных глубин проникновения электромагнитного поля. В этом случае составляется уравнение множественной регрессии $\varphi = \varphi(x, h)$ и проводится расчет матрицы исправленных значений поля. Фазовые характеристики поля, получаемые для каждой частоты наблюдений, существенно ослабляются от влияния эффектов искажения и переходных процессов, сохраняя особенности изменения электрических и геометрических параметров разреза. На следующем этапе полученные кривые путем нормирования приводятся к заданному уровню с построением локальной составляющей от исходного поля. Модель, построенная по разностным значениям двухчастотных (f_1-f_{i-1}) и/или трехчастотных параметров (фазы), завершает процесс обработки.

Область пространственного совпадения по глубине минимальных значений кажущегося сопротивления и максимума амплитуды изменения фазового параметра при определенных условиях может служить одним из важных признаков наличия нефтеносности и положения границ залежи. Для оценки аномального эффекта используются графики зависимости $\Delta\varphi(x)$ на различных глубинах. В этом случае фиктивная глубина исследований $hf = R/2$ пересчитывается в истинные величины на основе эмпирической зависимости, установленной для района. Дополнительное выравнивание динамического диапазона к преобразованным значениям поля поляризуемости и сопротивления выполняется на основании параметрических данных кажущего сопротивления по скважинам и пространственного дифференцирования материалов МТЗ.

Измеритель сигналов. Высокая разрешающая способность методов МТЗ, в том числе и ВП, достигается применением восьмиканального электроразведочного регистратора ЭИН-2000 (Мариненко и др., 2001). В частотном режиме ВП производится измерение постоянной составляющей на входе, амплитуд первых пяти нечетных гармоник сигнала и до четырех двухчастотных фазовых параметров вызванной поляризации. Наши работы показали, что достаточно качественный результат успешно достигается при измерении значений напряжения сигналов на первой-третьей гармонике и вычислении двухчастотного фазового параметра $\Delta\varphi$. Оптимальные частоты проявления вызванной поляризации соответствуют интервалу 0.076 – 1.22 Гц.

Математическая модель в обработке ВП

Математическая модель (ММ), описывая распределение изучаемой характеристики по сечению, дает возможность прогнозировать ее значение внутри выбранного пространства измерений и соответственно строить карты изолиний остатков (локальных аномалий) вызванной поляризации. Карты остатков могут быть использованы для идентификации особенностей залежей УВ. Для прецизионной идентификации применен подход адаптивного регрессионного моделирования (АРМ) (Валеев, 2001), соответствующие алгоритмы и программное обеспечение.

Математическая модель обработки данных по сечению. Связь между вызванной поляризацией, расстоянием x и глубиной h для сечения можно описать моделью вида:

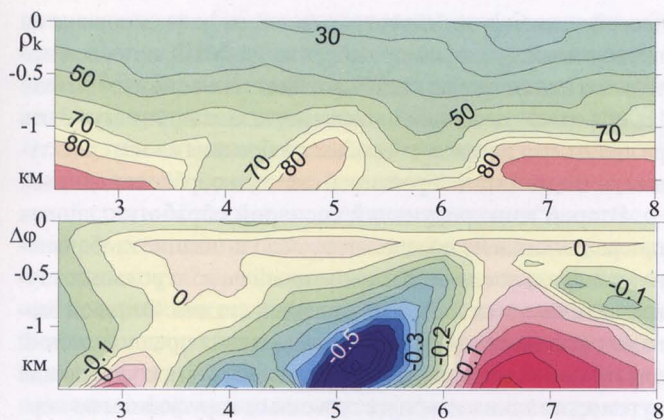


Рис. 1. Фрагмент результатов ДЗ-ВП для частот $\Delta\varphi_{ВП}$ (0.61 – 0.15) Гц по профилю 1 через «З-К» месторождение.

$$MY = \eta(X, \beta) \quad (1)$$

где Y – зависимая переменная (ВП); M – оператор математического ожидания; $X = (x_0, x_1, \dots, x_{p-1})$ – матрица независимых переменных (измеренных координат, их произведений или других комбинаций), которые могут изменяться в некоторой области пространства R^p ; $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{p-1})^T$ – вектор неизвестных параметров, определяемых по результатам экспериментов.

Для реального описания предлагается модель вида

$$\varphi(x, h) = \sum_{n=0}^N \sum_{m=0}^n (C_{nm} \cos mx + S_{nm} \sin mx) P_{nm}(\cos h) \quad (2)$$

где x и h даны в радианной мере.

Обычный путь решения задачи (2) при оценивании параметров C_{nm} и S_{nm} методом наименьших квадратов (МНК) даже при жестко заданном порядке разложения N приводит к серьезным затруднениям. Анализ стандартной методики, используемой в геофизике для параметрической идентификации модели (2), показал, что для существенного повышения точности представления необходимо разрешение ряда проблем, возникающих при применении МНК.

С позиций математической статистики и теории восстановления функции стандартная методология может быть подвергнута критике как не способствующая получению всей возможной статистической информации о модели и ее членах и не предусматривающая получения адекватных структур и параметров по результатам проверки используемых гипотез. Ниже детализируются эти утверждения.

1. Выбор мер точности для оценки качества модели, ее пригодности для целей прогноза ограничен. Из существующего в математической статистике набора внутренних мер используется только одна мера – остаточная дисперсия или ее разновидности. Используемая в ряде работ смешанная мера точности в виде ошибки прогноза предполагает соблюдение предположения об отсутствии систематической ошибки в модели, что не всегда выполняется. В то же время внешним мерам не уделяется должного внимания, способы их применения несовершенны, а множество используемых подходов ограничено.

2. Математическая модель после постулирования считается жестко заданной независимо от происхождения: получена ли она в результате проективных или других построений или является аппроксимирующей. В последнем случае члены модели в процессе решения не анализируются на значимость, т.е. процедура структурной идентификации не выполняется.

3. В работах по моделированию в геофизике не проявляется должный интерес к тому, что МНК-оценки параметров статистической модели (2) являются наилучшими, т.е. состоятельными, несмещенными, эффективными в классе линейных несмещенных оценок только в условиях соблюдения ряда предположений, рассмотренных в (Валеев, 2001).

Методология АРМ-подхода. Модель обработки данных (1) – (2) может быть представлена в виде (Валеев, 2001)

$$Y = X\vec{\beta} + \vec{\varepsilon} \quad (3)$$

К форме (3) приводит обычное математическое представление прямых и косвенных наблюдений при пассивном эксперименте в геофизике.

Для корректного применения РА необходимо соблюдение ряда предположений. Часть предположений порождена статистической теорией оценивания, в которой ставятся условия на выборку данных и метод оценивания (МНК), другая часть – теорией статистических критериев. Кроме того, с учетом размерности задачи мы вводим предположение $\langle 5.1 \rangle$ на метод идентификации структур.

Отметим, что в целом нарушение условий применения регрессионного анализа РА–МНК приводит к смещенным, несостоятельным и неэффективным МНК – оценкам как параметров модели обработки β_j ($j = 0, p - 1$), так и значений величины Y при использовании модели в режиме прогноза. Для выявления нарушений условий применения РА – МНК могут быть использованы как соответствующие статистики, так и различные графические процедуры.

Безусловно, даже применение классического регрессионного анализа является заметным шагом вперед по сравнению с МНК: 1) проводится анализ модели по ряду критериев (R -, F -критериям); 2) анализируется статистическая значимость не только модели в целом, но и каждого ее отдельного слагаемого. Последнее позволяет, используя те или иные методы структурной идентификации, выйти на оптимальную в некоторой степени структуру модели.

К сожалению, и РА не решает полностью поставленную задачу – нахождение наилучших линейных оценок β_j и Y .

В развиваемом в (Валеев, 2001) системном АРМ-подходе дополнительными этапами относительно стандартной методологии МНК являются: 1) оценка адекватности модели наблюдениям и поиск ее оптимальной структуры; 2) проверка соблюдения предположений МНК; 3) последовательная адаптация схемы обработки к нарушению условий МНК применением набора вычислительных процедур (перебор постулируемых моделей, методов параметрического оценивания и структурной идентификации

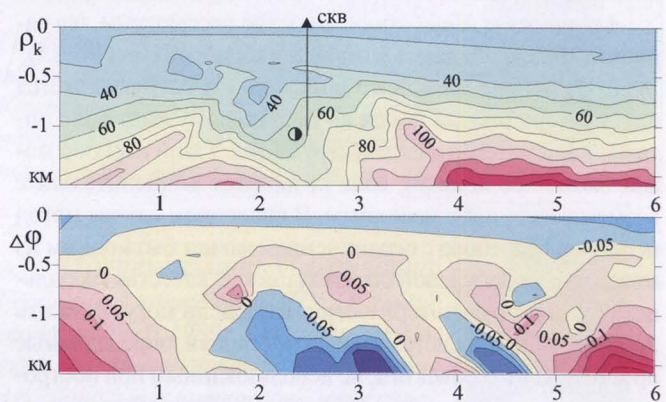


Рис. 2. Фрагмент результатов ДЗ-ВП для частот $\Delta\varphi_{ВП}$ (0.3 – 0.15) Гц по профилю 2 через структуру «П».

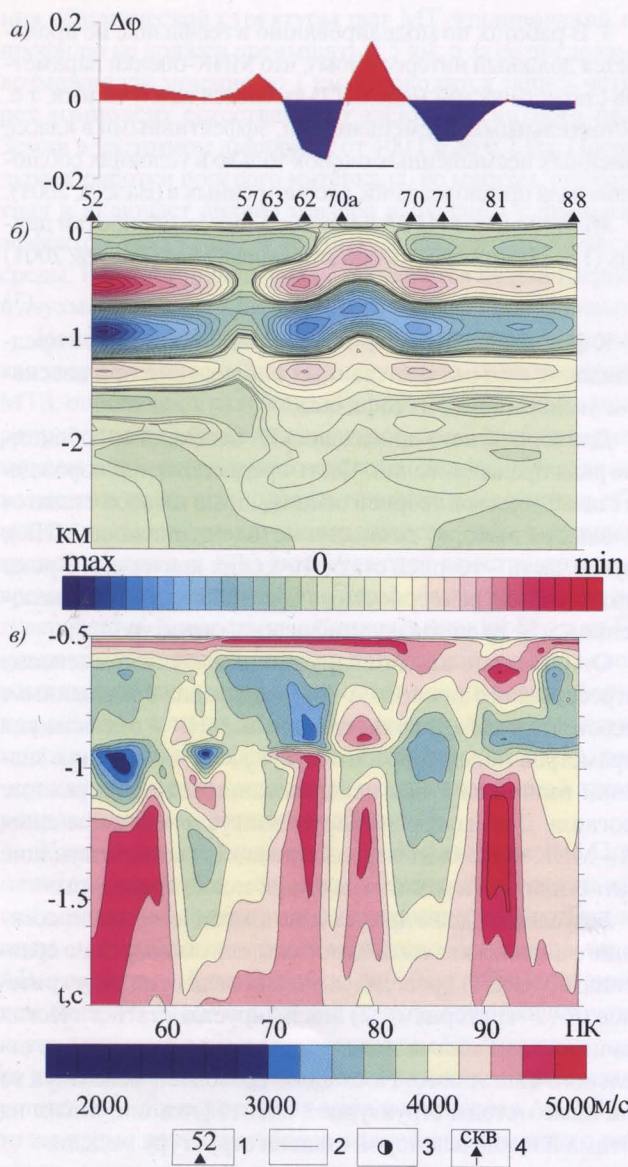


Рис. 3. Результаты электромагнитных зондирований в пределах поднятия «К» и сопоставление их с скоростной моделью по профилю 3. График поля $\Delta\varphi_{VIP}$ для глубины 1,2 км для частот (0,3 – 0,15) Гц (а); модели, построенные по параметрам проводимости поперечного сечения пласта. 1 – местоположение точки МТЗ; 2 – проекция контура сейсмической структуры; 3 – прогноз зоны продуктивности УВ в отложениях карбона; 4 – местоположение скважины. МТЗ (б) и интервальной скорости МОИТ (в).

и др.); 4) использование набора мер (критериев качества моделей, включая и многокритериальную концепцию).

Алгоритмы обработки. Вкратце рассмотрим два варианта обработки данных, описанных моделями (1) – (3):

1. На основе исходного описания (3) осуществляется однокритериальный поиск по глобальному критерию оптимальной математической структуры. Такой перебор может быть либо полным, если позволяют вычислительные возможности, либо неполным. В последнем случае метод неполного перебора с ограничением может быть одним из методов псевдодулевой оптимизации. В качестве глобального (основного) критерия качества модели могут служить либо случайные и систематические ошибки, определяемые по контрольным объектам, не использованным при построении модели обработки, либо значения общего F-критерия.

2. Второй и последующий этапы структурно-параметри-

ческой идентификации оптимальной модели основаны на проверке всех условий применения РА-МНК и последовательной адаптации по степени существенности нарушений. На практике «цепочки» алгоритмов адаптации могут быть разными, что порождает особые требования к «интеллектуальности» автоматизированной системы обработки данных.

Второй конкурирующий сценарий обработки данных при реализации не предполагает использование глобального критерия; последний, основанный на контрольных точках, используется только на конечной стадии. Основой этого подхода является проверка соблюдения предположений для исходной модели (3) и ее последовательное улучшение путем адаптации к наиболее серьезным нарушениям по мере убывания степени искажения свойств наилучших оценок.

Результаты исследований структур

Одним из примеров комплексирования методов с целью извлечения скейлинговой информации о среде могут служить геофизические исследования в юго-западной части Мелекесской впадины (бортовой зоны Усть-Черемшанского прогиба), которые, как нам представляется, повышают надежность геологической интерпретации и достоверность выделения аномалий типа залежь в условиях терригенных коллекторов. Непосредственно площадь исследований расположена в пределах Зимницко-Калмаюрской нефтегазоносной зоны, основные запасы нефти которой связаны с отложениями бобриковского терригенного горизонта каменноугольного возраста.

В региональном плане поверхность кристаллического фундамента располагается на отметках свыше -1830 м и имеет ряд ступенчато опускающихся террас, многие из которых осложнены локальными поднятиями. Фундамент представлен породами архей-протерозойского возраста с высоким сопротивлением (500 Ом·м и более). Они перекрыты мощным осадочным чехлом, подразделяющимся по литологическому составу и физическим свойствам на семь стратиграфических комплексов, из которых палеозойский является нефтегазоносным. Суммарная продольная проводимость чехла по МТЗ оценивается в 140 – 200 См.

На рисунках 1, 2 и 3 приведены результаты опытно-методических электромагнитных зондирований над разными сейсмическими поднятиями, основные перспективы нефтегазоносности которых связаны со структурным планом отложений карбона. Палеотектонический анализ района и материалы электрометрии позволяют выявить ряд особенностей. Структурный план осадочного чехла, как правило, носит черты унаследованности элементов тектоники фундамента. Развитие глубинных разломов контролируют протяженные по латерали зоны разуплотнения пород фундамента. Структура локальных поднятий в терригенных отложениях карбона отмечается пониженной проводимостью. Изменение по профилю интервального сопротивления зависит от фильтрационно-емкостных свойств пород, в частности, в зоне залежи наблюдается локальный рост ρ по МТЗ и отрицательная аномалия $\Delta\varphi_{VIP}$ по ВП. В этом случае величина градиента удельного сопротивления значительно возрастает по глубине и латерали, подчеркивая локальную лито-физическую зональность пород.

Профиль 1. По данным сейсморазведочных работ и скважин глубокого бурения, вскрывшей залежь на глубинах 1237 м с незначительным дебитом нефти из терриген-

ного коллектора бобриковского горизонта, был построен предполагаемый контур нефтеносности. Данный эталонный объект отработан МТЗ и ВП по двум взаимно ортогональным профилям через продуктивную скважину (Рис. 1). При сравнительном анализе размещения углеводородных скоплений в разрезе с геоэлектрической характеристикой среды обращает на себя внимание пространственная приуроченность сейсмического поднятия по тульскому горизонту (C_{11}), отрицательной аномалии поля вызванной поляризации амплитудой до -0.5° и удельного сопротивления с прогнозируемым контуром нефтяных залежей в пределах пикетов 5-6. Разложение поля на ряд составляющих позволило формализовать процесс разделения структурных этажей с определением свойств среды.

Из рисунка полей вытекает сложное строение поднятия, в пределах которого, как ранее установлено, происходит невыдержанность нефтенасыщенных толщ по разрезу и площади, и литологическое замещение коллекторов слабо проницаемыми и плотными разностями пород. Купольная часть сейсмической структуры отмечается локальным повышением сопротивления. В результате залежь, по-видимому, локализуется на бортах структуры, образуя кольцевую зону, с погружением кровли продуктивной толщи с северо-запада на юго-восток. Природа такого явления связана с особенностями физико-геологического развития прогиба, повлиявшего на формирование и размещение УВ.

Профиль 2 пересекает другой сейсмический объект, расположенный в той же структурно-тектонической зоне (Рис. 2). В краевой части его вскрыто скважиной скопление углеводородов на абсолютной отметке -894 м (каширские отложения). В интервале пикетов 2 – 3.5 одинаковое пространственное положение занимают зона пониженного кажущегося сопротивления и крупная аномалия параметра $\Delta\varphi_{ВП}$ на глубинах 1 км и свыше. Из характеристики поведения поля устанавливается ряд особенностей: на общем фоне интенсивной проводимости отложений карбона региональная поляризация ВП не наблюдается; чем больше проводимость и размеры объекта, тем интенсивнее аномалия фазового параметра; экстремум отрицательного знака аномалии $\Delta\varphi_{ВП}$ расположен над центром тела; чем глубже располагается залежь, тем на более низкой частоте она наблюдается; степень детальности проявления объекта зависит от шага наблюдений по профилю. Поэтому оценку протяженности тел в плане следует осуществлять по графикам или срезам для разных глубин.

Профиль 3 МТЗ пересекает сейсмическую структуру, представляющую собой небольшую брахиантиклиналь неправильной формы, осложненную двумя куполами по маркирующим горизонтам карбона, девона и поверхности фундамента (Рис. 3). Путем преобразования максимальных и минимальных амплитудных и фазовых кривых магнитотеллурического зондирования с достаточно высокой степенью точности построена по относительным значениям проводимости поперечного сечения проводника двумерная электрическая модель в рамках градиентных сред. В ней происходит чередование многочисленных субгоризонтальных высокоомных и хорошо проводящих осадочных слоев, разделенных локальными зонами градиента сопротивления. В своем основании она содержит метаморфизованный фундамент с региональными зонами развития аномально высокого сопротивления. В разрезе структура обрисовывается в виде двух разрозненных вершин на отметках 1–

1.2 км, отделенных друг от друга неглубокой седловиной. В теле фундамента она отражается многочисленными тектоническими нарушениями с высокой проводимостью пород и низкими значениями интервальной скорости.

В свою очередь, МТЗ хорошо дополняется особенностями волновой картины интервальной скорости в виде совпадения границ раздела стратиграфических горизонтов, локальных поднятий, разломной тектоники. К примеру, большинство мелких рифогенных образований, выделенных сейсморазведкой по характеристике отражающих горизонтов, находят прямое или косвенное отображение на электрических моделях среды. Одним из признаков, приведшим к формированию органогенных построек, являются тектонические нарушения и выступы фундамента, по которым глубинный тепловой поток оказывал воздействие на среду. Реликты этих процессов проявляются на электрических разрезах по фундаменту в виде зон интенсивности проводимости. Кроме этого, сами объекты влияют на структуру верхнего этажа в виде повышения пластовых скоростей, увеличения градиента сопротивления (границы раздела сред в электромагнитном поле становятся более яркими), а на уровне глубин карбонатного девона образуются локальные зоны аномально высокого сопротивления.

Из анализа результирующего поля ВП следует, что ос-

(продолжение статьи - см. стр. 47)

Каримов Камиль Мидхатович
Главный геофизик НПУ «Казаньгеофизика», д. г.-м. н., доцент, член-корр. РАЕН. Область научных интересов - геофизика, геотектоника. Автор 70 научных трудов, 4 монографий.



Валеев Султан Галимзянович
Зав. кафедрой Ульяновского гос. технического университета, профессор, д.ф.-м.н., академик АН РТ, РАЕН. Область научных интересов - прикладная математика и информатика. Автор 260 трудов, 3 монографий.



Ерошина Екатерина Владимировна
Геофизик 2 кат. НПУ «Казаньгеофизика», аспирантка. В 2002 г. окончила Казанский гос. университет. Область научных интересов - электромагнитные методы. Автор 5 научных трудов.



Буткус Елена Михайловна
Геофизик 2 категории НПУ «Казаньгеофизика». В 1989 г. окончила Казанский гос. университет. Область профессиональных интересов - интерпретация геофизических данных.



ции областного радиокомитета в Балашовской области.

С декабря 1956 года началась новая полоса в жизни Б.И., который на всю дальнейшую жизнь – почти на полвека – связал свою судьбу со вновь созданным тогда Междугосударственным комитетом по проведению Международного Геофизического Года (МГГ) при Президиуме АН СССР (позднее – Геофизическим комитетом АН СССР, в настоящее время – Геофизическим центром РАН). Естественно, что именно на плечи Б.И. легла трудная, но почетная обязанность фактически возглавить всю редакционно-издательскую деятельность этого крупного научного учреждения.

Огромная эрудиция, широкие знания, свободное владение английским языком, колоссальная работоспособность, наконец, просто незаурядные человеческие качества Б.И. позволили ему блестяще справиться с этой задачей. Его высоко ценили работавшие с ним крупнейшие специалисты отечественной геофизики, в том числе В.В. Белоусов и Ю.Д. Буланже. Одним из свидетельств международного признания заслуг Б.И. было принятие его Января 1969 г. в члены Национального географического общества США.

Помимо успешного обеспечения широких международных связей по линии МГГ и личного участия в ряде международных симпозиумов, Б.И., будучи членом Редакционно-издательского совета АН СССР, активно способствовал публикации монографий многих – в то время молодых, а позднее всемирно известных – российских геофизиков, в том числе В.В. Кейлис-Борока, А.М. Городницкого и других. В 1959 году в издательстве АН СССР вышла итоговая научно-популярная книга об МГГ, написанная Б.И. в соавторстве с В.А. Троицкой и Н.В. Шебалиным.

Замечательно, что, не имея специального образования, Б.И. благодаря своим незаурядным способностям, стремлению к знаниям и широкому кругозору вскоре стал квалифицированным и, что наиболее важно, широким специа-



листом в области комплекса наук о Земле и других планетах. У Б.И. отчетливо проявился интерес к популяризации достижений науки и безусловный талант в этой области. Об этом свидетельствует даже простой перечень десятков его публикаций в издательствах Гидрометеоздат, «Знание», «Просвещение», «Наука» и в журналах. Что касается актуальности публикаций Б.И., то в свете недавних мировых событий достаточно назвать, например, брошюру «Цунами не будет неожиданным» (Гидрометеоздат, 1973) и статью «Титан, не похожий ни на что» (о миссии «Кассини-Гюйгенс») («Природа», 2003).

Суть личности Б.И. можно охарактеризовать словом «рыцарство»: бескорыстный и преданный рыцарь науки, просветитель по призванию, настоящий гражданин своей страны, надежный и душевно щедрый друг, неутомимый путешественник во всех стихиях столь любимой им Земли.

Из воспоминаний Н.Н. Христофоровой, гл. ред. журнала «Георесурсы»: «Я никогда не была знакома с Б.И. Силкиным лично, это были чисто «рабочие» взаимоотношения по переписке. Но я испытывала глубокое чувство уважения, признательности и личной расположенности к Борису Исааковичу, несмотря на заочное знакомство. Удивительный человек, – все его письма буквально «дышали» доброжелательностью к людям. Профессионализм его заметок высочайший! Когда мои молодые и энергичные коллеги говорили: «Давайте мы сами будем писать в журнал такие заметки-обзоры», я им отвечала: «Вы не понимаете, в публикациях Бориса Исааковича каждая строчка – живая».

Добрая память о Борисе Исааковиче Силкине сохранится у всех, кто когда-либо знал его лично или просто с удовольствием читал его работы.

(Материалы о Б.И. Силкине взяты из некролога журнала «Природа», из воспоминаний его друзей и коллег и его собственных воспоминаний.)

(окончание статьи Каримов и др., начало - см. стр. 42-45)

новными объектами поляризации по профилю являются локальные зоны в терригенном карбоне, пласты которого, возможно, насыщены УВ. Использование характеристики поля вызванной поляризации по интенсивности существенно упрощает задачу глубинной привязки залежи, ввиду изменчивости аномалии по глубине.

Выводы

Принятая нами физическая модель проявления залежей углеводородов в электромагнитном поле (аномалий электропроводности и вызванной поляризуемости и их пространственное соотношение), получившая в дальнейшем подтверждение на практике, является фундаментальной основой для оптимизации процесса нефтепоисковых геофизических работ в рассматриваемом регионе. Предусматривается применение комплексной методики полевых работ (МТЗ, ВПФ) и технологии обработки данных, основанной на АРМ-подходе при построении математической модели поля вызванной поляризации среды.

Сопоставление многочисленных результатов измерений вызванной поляризации дипольно-осевой установкой с многоканальной аппаратурой на сейсмических структурах с нефтеперспективностью показало устойчивость и

повторяемость формы аномального поля со слабой изменчивостью уровня фазово-частотных характеристик.

Факторы, обуславливающие аномальные эффекты над залежами, показывают наличие тесной связи электрохимических процессов, вызывающих появление вторичных источников поля, со структурой среды. Уровень повышенной поляризуемости среды ограничен областью локализации залежи. Благоприятные геоэлектрические условия региона для оценки возможности прогноза залежей с помощью наземных электрических методов, в сочетании с информативностью и низкой стоимостью зондирований, позволяют рекомендовать методику к широкому применению.

Литература

Валеев С.Г. *Регрессионное моделирование при обработке наблюдений*. М.: Наука, 1991 (2-ое доп. изд.: Казань: ФЭН, 2001).

Каримов К.М., Шабалин Н.Я., Балахнина Л.Д. и др. Геоэлектрическая модель земной коры Татарстана по данным электромагнитных зондирований. М.: ЕАГО. *Геофизика*, 2003. 42-46

Кукуруза В.Д., Смольников Б.М. *Геоэлектрические исследования при поисках залежей нефти и газа*. Киев. Наукова думка. 1984.

Мариненко В.А. и др. *Электротрический регистратор для сейсмопрогностических полигонов и изучения вопросов геодинамики. Геофизика XXI столетия: 2001 год*. М.: Научный мир. 2001. 302-303.

Овчаренко А.В. и др. *Методические приемы интерпретации геофизических материалов при поисках, разведке и освоении месторождений углеводородов*. М.: Научный мир. 2002.