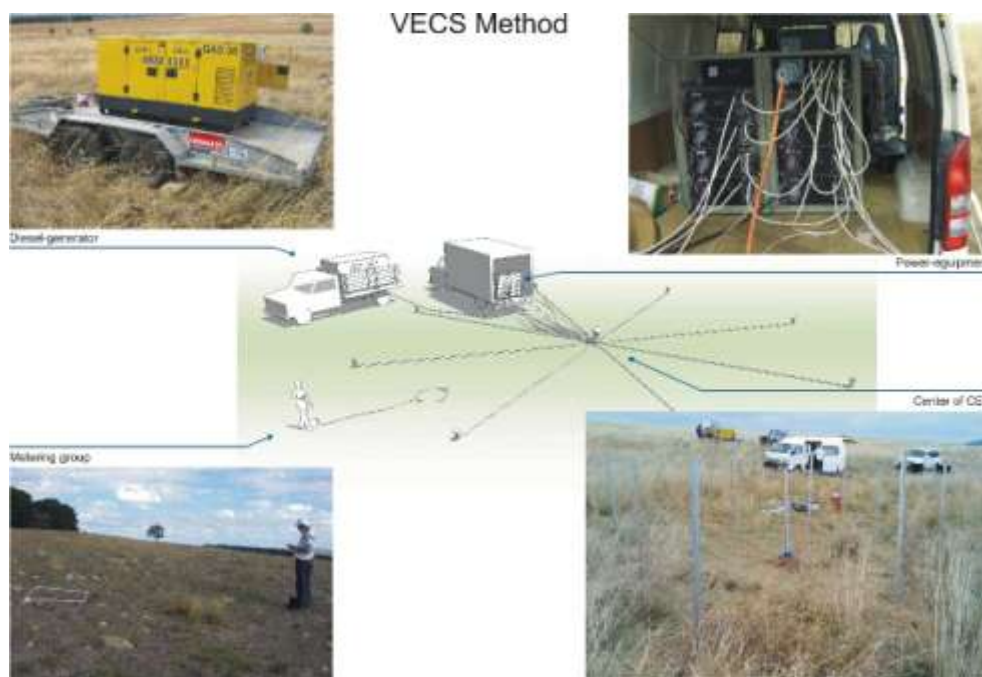


КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОДИНА- МЕЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ ПРИ ПОИСКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ



Возможности предлагаемого комплекса методов электроразведки.

Предлагаемый комплекс методов электроразведки был опробован примерно на 15 различных участках для оконтуривания нефтяных месторождений. Ядро комплекса это метод зондирования вертикальными токами - ЗВТ. При наличии информации о нефтеносности мы всегда сопоставляли результаты наших работ с информацией о дебетах в скважинах. Скважины на разных участках бурились до нас или по результатам наших работ. **Совпадение контуров нефтяных залежей** по результатам бурения с контурами по результатам работ ЗВТ **более 90 %**. Сетка наблюдений при работах на глубину до 500 метров может быть 100*100 м, тогда граница залежи определяется с точностью до 100 м. Сетка наблюдений при работах на глубину до 2000 метров может быть 150*150 м, тогда граница залежи определяется с точностью до 150 м.

Один участок из представленных ниже результатов находился в Калифорнии (США) остальные в республике Татарстан (Российская федерация). Нефтяные залежи находились в Калифорнии на глубинах до 500 м, в Татарстане на глубинах от 1600 до 2100 метров. Площади участков работ от нескольких км² до 100 км². Метод ЗВТ является площадным методом. Большинство работ проводилось с использованием одного источника электромагнитного поля. Есть примеры больших участков, когда мы применяли несколько источников при проведении работ. Максимальное удаление пикетов от центра источника составляет до 5 радиусов источника. Если источник радиусом 1500 м то площадь участка работ составляет до 180 км² или 18000 пикетов при сетке наблюдений 100*100 метров. При проведении работ по оконтуриванию нефтяных залежей использовались источники с радиусами от 300 до 1750 метров.

Измерения проводятся одновременно несколькими отрядами. Количество отрядов ограничивается наличием оборудования и людей. Каждый отряд состоит из одного-двух человек на легком транспортном средстве передвижения – снегоход, квадроцикл и т.д. Оборудование для измерения 5 компонент электромагнитного поля весит до 20 кг. Каждый отряд в зависимости от

местности, условий проведения работ, длительности светового времени и т.д. измеряет от 10 до 80 точек в день.

Горизонтальное удельное сопротивление в Калифорнии на глубинах свыше 80 м составляло 1.5 Ом*м, горизонтальное сопротивление в Татарстане от 1.5 Ом*м до 40 Ом*м. Эффективность работ данным комплексом продемонстрирована в проводящих средах, проводимость которых близка к проводимости в Западной Сибири.

Преимущества комплекса методов электроразведки.

В традиционных методах электроразведки изучают такой электродинамический параметр как удельное электрическое сопротивление (УЭС), который, как правило, мало информативен для углеводородных объектов. В качестве эффективного дополнения электроразведка предлагает изучение вызванной поляризации (ВП) пород, при этом считается доказанным, что над залежами углеводородов поляризация возрастает. Метод **ЗВТ дополняет** к изучению УЭС и ВП среды **изучение** еще одного **параметра, который** проявляется над залежами углеводородов и является на сегодняшний день очень информативным, более того он **характеризует** именно **месторождения углеводородов**. Мы предлагаем использовать комплекс электроразведочных работ направленных на изучение (УЭС), (ВП) и параметра проявляемого в работах ЗВТ. Комплексный подход позволяет существенно повысить достоверность оконтуривания месторождений, особенно если в комплекс включен метод ЗВТ. **Метод ЗВТ широко опробован на нефтегазовых объектах**, что позволяет нам делать утверждение о его высокой эффективности.

Площадной сигнал ЗВТ при работе над нефтяными месторождениями в основном обязан своим существованием ореольным изменениям над залежами нефти. **Сигнал ЗВТ** в высокой степени связан с вещественным составом среды и **позволяет считать его использование прямым методом поиска углеводородов**. Работы методом ЗВТ подтвердили или опровергнули перспективность многих объектов (поднятий) предлагаемых сейсморазведкой. Наличие ореола свидетельствует о наличии нефти в сейсмоподнятии, даже если мы не достигли самой залежи. Можно констатировать, что теперь электроразведка в лице ЗВТ, существенно дополняет сейсморазведку информацией о вещественном составе среды и, в частности, о наличии и распространении даже слабых следов углеводородов.

Подтверждено на практике, что **применение ЗВТ позволяет повысить эффективность разведочного бурения**. Известно, что как минимум треть поисково-разведочных скважин бурится впустую. Поэтому весьма обосновано включение ЗВТ в комплекс поисковых и разведочных работ, предшествующих бурению. Надо понимать, что применение ЗВТ позволит более надежно определить места заложения скважин, чем это может быть сделано по результатам только сейсморазведки. С учетом высокой стоимости сейсмических работ возможно применение ЗВТ на первом этапе поисковых работ, например, в комплексе с геохимией.

Значительный интерес представляет применение ЗВТ для мониторинга уже давно эксплуатируемых месторождений. В 2001 году при мониторинге Красно-Октябрьского месторождения нефти (Татарстан) было выявлено три дополнительных аномалии, которые были пропущены сейсморазведкой. При разбуривании этих объектов был получен дополнительный дебит нефти.

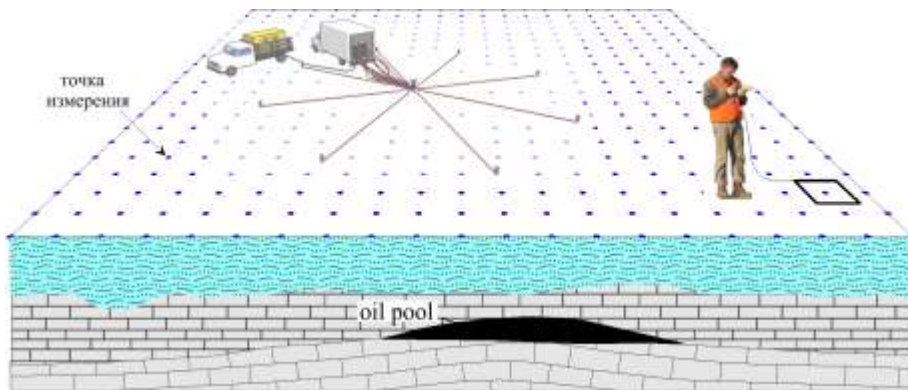
Использование предлагаемого нами электроразведочного комплекса работ, ключевым из которых является ЗВТ дает следующие преимущества :

- ЗВТ позволяет оконтурить нефтяную залежь, а также оценить перспективность обнаружения новых нефтяных залежей в пределах выявленных сейсморазведкой положительных структур. **Работы методом ЗВТ-М дают контур нефтепроявлений**. Обратим внимание, в отличии от других методов электроразведки, **ЗВТ-М дает информацию**, в основном, **о среде, находящейся под точкой измерения**. Увеличение плотности сети наблюдений в ЗВТ-М имеет смысл, т.к. сигнал почти свободен от информации об усредненной среде между точкой наблюдения и КЭД.

- Площадной **сигнал ЗВТ свободен от фона вмещающей среды** и вызван только локальными геоэлектрическими неоднородностям которыми являются месторождения полезных ископаемых.

- Вертикальной **фокусировкой** электрического **тока** достигается **повышенная глубина** исследования и **высокая локальность** по сравнению с традиционными источниками электромагнитного поля (петля, заземленная линия).
- Приповерхностные методы ориентируемые на изучение ореола, например геохимия, сильно зависят от приповерхностных загрязнений и даже в благоприятных условиях дают только картину выхода ореола на поверхность земли. **В методе ЗВТ ореол прослеживается до месторождения.** На временах соответствующих глубинам нефтяных пластов показывает контур месторождения.
- Компонента **E_г** обладает **высокой чувствительностью к слоям с высоким удельным сопротивлением и к изменению поляризуемости среды.** И то и другое качество чрезвычайно важно при исследовании месторождений углеводородов. Нефтяные залежи обычно ассоциируются с пластами увеличенного сопротивления. Также над нефтяными пластами находятся породы с увеличенным параметром поляризации.
- **Привлечение** традиционных параметров **ВП** **повышает достоверность интерпретации** электроразведочных данных **при поисках углеводородов**, поэтому мы предлагаем метод зондирования встречными линиями (ЗВЛ) в дополнение к ЗВТ-М. Для интерпретации данных ЗВЛ применяется модель Cole-Cole частотной дисперсии сопротивления среды. Мы используем метод ЗВЛ на основании его гораздо большей чувствительности к параметрам поляризации, чем традиционные методы электроразведки ВП.
- Для изучения УЭС мы используем данные традиционных ЗС, ранее проведенных, либо включаем работы ЗС в текущий комплекс работ.
- Очень важным моментом является то, **выводы по расположению месторождений углеводородов делаются на основании двух различных методов** электроразведки – ЗВТ-М и ЗВЛ, и **на основании распределения различных электродинамических параметров** среды.
- Предлагаемый комплекс позволяет как проводить предварительные профильные работы методом ЗВЛ и в зонах повышения поляризуемости пород проводить ЗВТ-М для получения карты месторождений так и наоборот заверять результаты работ ЗВТ-М с изучением поляризуемости.
- Наш **комплекс работ** (ЗВТ-ЗВЛ-ЗС) **органически сочетается в аппаратном плане.** Вся аппаратура, необходимая для ЗВТ, ЗВЛ и ЗС, является частью и элементами аппаратуры ЗВТ.

Описание метода ЗВТ



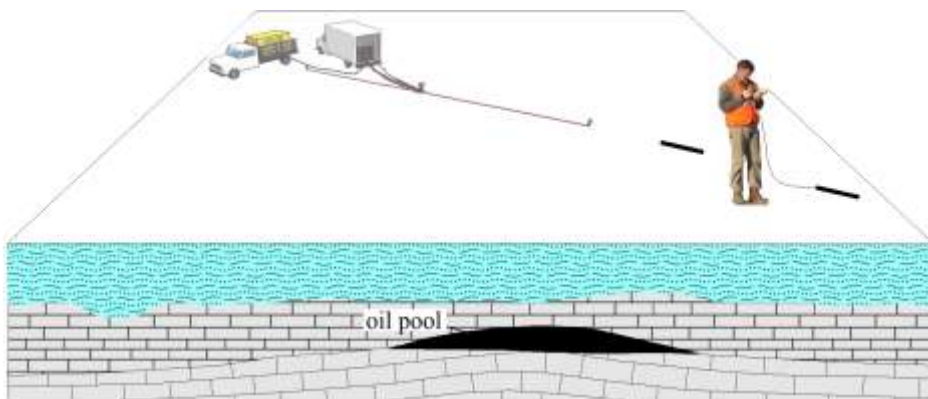
Методом зондирования вертикальными токами (ЗВТ) называют такие геоэлектрические исследования, при проведении которых используется в качестве источника электромагнитного поля круговой электрической диполь. Конфигурация КЭД образуется несколькими радиально расположенными заземленными горизонтальными линиями (обычно 8), в которые одновременно подается импульсный ток одинаковой формы и амплитуды. Измерения проводятся по произвольной сети вокруг источника поля (при большом радиусе КЭД и внутри источника) с целью регистрации плотного площадного переходного сигнала (трехмерного куба данных).

С помощью компактного индуктивного датчика измеряется скорость магнитной индукции, заземляемыми приемными линиями проводятся измерения электрического поля.

Поле порождаемое КЭД имеет ряд интересных свойств :

- 1) Поле КЭД электрического типа (ТМ-поле) и является некоторым антиподом поля токовой петли (ТЕ-поле).
- 2) Магнитное поле на поверхности Земли, над горизонтально-слоистым разрезом отсутствует. Следовательно, сигнал, регистрируемый в ЗВТ-М, имеет своим источником трехмерное включение любого рода.
- 3) «Нормальное» поле на дневной поверхности представлено радиальной компонентой электрического поля и обладает высокой чувствительностью к слоям с высоким удельным сопротивлением и к изменению поляризуемости среды.

Отсутствие магнитного поля на поверхности земли является наиболее важным для практического применения в электроразведке. Т.к. отклик от вмещающей среды отсутствует, то само наличие сигнала свидетельствует о наличии трехмерного нарушения вмещающей среды, а характеристики этого сигнала определяются свойствами объекта и вмещающей среды. Этот сигнал от неоднородности хорошо локализован, т.е. измеряемый сигнал в основном определяется объектами, находящимися под точкой измерения магнитного поля. Следствием этого является то, что в регистрируемом отклике значительно ослаблено влияние других неоднородностей находя-



щихся между источником и приемником поля. Стоит заметить, что использование 1D подхода при интерпретации результатов измерения магнитных компонент поля бессмысленно, не-

обходим только трехмерный подход. Впрочем, в силу характера отклика, связанного только с неоднородностью, площадные изображения сигналов ЗВТ обладают высокой визуализирующей способностью.

Компонента E_r является откликом одномерной вмещающей среды при работе с КЭД. Сигнал E_r обладает высокой чувствительностью к слоям с высоким удельным сопротивлением и к поляризуемости среды. Именно увеличение сопротивления слоев и повышение поляризуемости толщи вышележащей над месторождением обычно связывают с наличием углеводородов.

Отметим еще одно важное свойство поля КЭД - в отличие от полей традиционных петли и горизонтальной линии – работа с КЭД предполагает плотную сеть наблюдений, она имеет смысл. При работе методом ЗВТ сигнал гораздо быстрее меняется при переходе от точки к точке, ведь сигнал характеризует в основном среду под точкой измерения, а не усредненную среду между источником поля и приемником.

Источник, состоящий из двух горизонтальных линий с одинаковым током, включенным навстречу друг другу, мы назвали встречной электрической линией. А метод, соответственно назвали, зондирования встречными линиями (ЗВЛ). Встречная линия замечательна тем, что при сохранении (до некоторой степени) компенсирующих свойств поля, возникающего в среде при возбуждении его КЭД, позволяет проводить профильные работы. По сравнению с классической установкой *ABMN*, установка со встречной линией гораздо чувствительней к параметрам поляризации. Для интерпретации полевых данных ЗВЛ можно использовать одномерные модели поляризуемой среды, например на основе формулы Cole-Cole.

Методика полевых работ

Общие схемы работ ЗВТ и ЗВЛ приведена выше на рисунках.

При работе методом ЗВТ до начала измерений монтируется питающая установка – КЭД. Радиус источника соответствует глубине и площади исследований. При проведении большинства работ радиус определялся площадью изучаемого участка. Обычно качественные измерения проводятся на удалении до 5 радиусов КЭД, хотя в нашей практике встречались участки, на которых мы успешно проводили измерения и на удалении в 6-7 радиусов от центра КЭД. Подраывается, что геометрия источника хорошо выдержана, а токи в лучах выровнены, причем, в импульсном режиме. Автоматическая система поддержания равных токов в линиях и есть специфическая аппаратура ЗВТ. В зависимости от поставленных задач каждая измерительная группа оснащается одним или несколькими измерительными компактными индукционными датчиками, одной или несколькими измерительными линиями и измерителями переходного сигнала. Все приемные элементы, как то датчики, измерительные линии, измерители переходного сигнала – это стандартные элементы, применяемые в методе переходных процессов (или в зондированиях становлением – ЗС). Каждая из групп со своим измерительным комплексом свободно перемещается по площади с использованием спутниковой пространственно-временной привязки к источнику поля. Таким образом, если принять за максимальное удаление стандартное удаление в 5 радиусов от центра источника КЭД, то при закрепленном источнике радиусом 1000 км оперативно может быть исследована площадь в $\sim 75 \text{ км}^2$.

В зависимости от поставленных геологических целей исследования измеряется $\partial B_z / \partial t$ компонента с использованием индукционных приемных датчиков и (или) E_r компонента с использованием заземленной приемной линии.

Работа методом ЗВЛ проводится в профильном варианте. Трудоемкость проведения работ методом ЗВЛ не превышает трудоемкости работ с использованием горизонтальной линией. Измерения электрической компоненты проводятся по профилю на различных удалениях от центра источника. Для уменьшения эквивалентности на каждом пикете проводятся измерения с использованием нескольких установок.

Аппаратура.

В настоящее время используется третье поколение аппаратуры для ЗВТ, которая состоит из зондирующей установки и набора измерителей.

Зондирующая установка «ГТЕ-10S» формирует в круговом электрическом диполе стабилизированные импульсы тока заданной амплитуды и длительности с чередующейся полярностью. Имеет следующие характеристики:



восемь каналов;

- выходное напряжение от 50 до 750 В (три диапазона 50-250В, 150-500В, 300-750В);
- диапазон выходного тока от 8 до 160 А;
- стабильность тока $\pm 1\%$;
- максимальная входная мощность 80 кВт;
- питание от электрогенератора трехфазного переменного напряжения 380/220 В с изолированной нейтралью мощностью не менее 100 кВт;
- синхронизация от GPS;
- масса 300 кг, габаритные размеры – две стойки 550 × 500 × 940 мм;
- защита от перегрузки и перегрева;
- индикация и запись в файл напряжения питания, потребляемого тока и мощности по каждой фазе и суммарной мощности, выхода из режима стабилизации;
- непрерывный контроль сопротивления изоляции цепей питания.



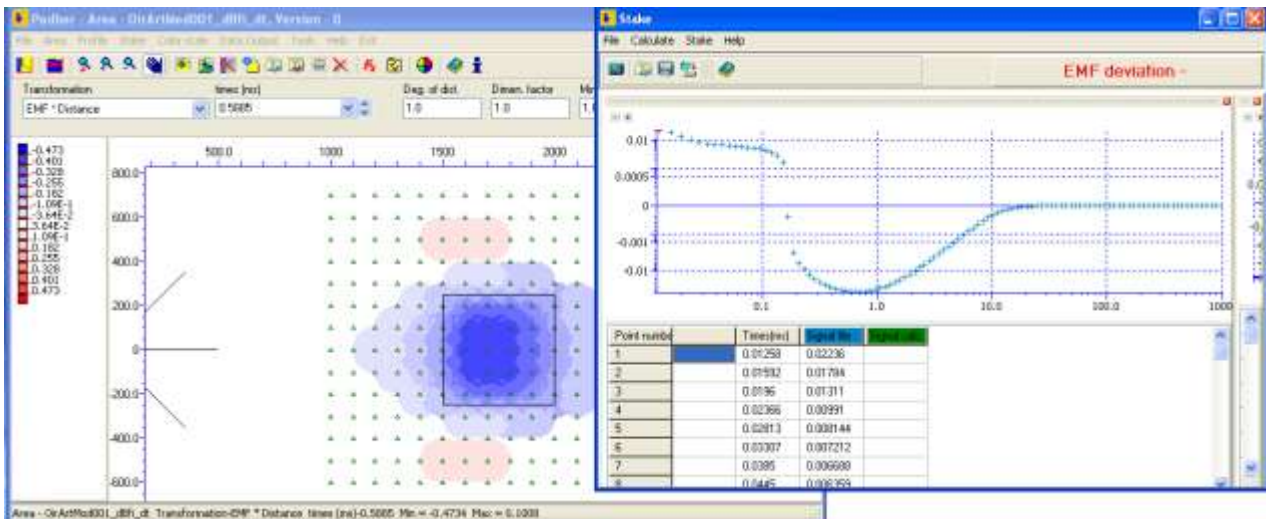
Измеритель «CEI-7» отличается компактностью и высокой точностью измерений. Перед каждым циклом измерений выполняет тестовые калибровочные измерения позволяющие во первых определить работоспособность измерителя, во вторых компенсировать температурные и временные изменения переходной характеристики измерительного тракта. Каждый цикл измерений начинается с предварительного измерения, в котором определяются параметры вход-

ного сигнала. По предварительно измеренному входному сигналу управляющая программа выбирает оптимальные параметры измерения:

- коэффициент усиления буферного усилителя;
- выходной сигнал ЦАП для компенсации входного смещения;
- оптимальные коэффициенты передачи интегратора для всех интервалов интегрирования.

Программное обеспечение «Zavet 5.1» позволяет выполнять:

- обработку площадных материалов на всех временах измерения с учетом расстояния от точки измерения до центра источника;
- учет и обработку пикетов с измерениями выполненными от нескольких источников тока;
- фильтрацию и отбраковку сигналов искаженных электромагнитными помехами;
- процедуру 3-х мерного приближенного расчета и точный расчет неустановившегося электромагнитного поля для 3-х мерных объектов;
- возможность учета разности сигнала от идеального КЭД и сигнала от реального КЭД состоящего из конечного количества горизонтальных линий;
- вывод, сравнение, построение и визуализацию сигналов полученных на разных пикетах и при измерении различных компонент электромагнитного поля;
- возможность построить рассекающие профили по любым направлениям, что актуально для площадных работ с плотной сетью наблюдений;
- расчет и подготовку куба данных, который в дальнейшем позволяет отображать информацию с помощью различных пакетов визуализации информации (Oasis montaj, Surfer);
- расчет сигнала в рамках горизонтально-слоистой среды для электрической компоненты поля. Пакет использует Sql базу данных, включающую в себя всю информацию, вводимую в компьютер при обработке и интерпретации данных.





Южно-Цыганское поднятие (Республика Татарстан, Россия).

Работы проводились по заказу ООО «ТНГ-Казаньгеофизика» на территории Татарстана. Целью работ была оценка наличия углеводородов в выявленной сейсморазведкой положительной структуре, и оконтуривание нефтяной залежи, если углеводороды будут выявлены.

Работы проводились недалеко от известного нефтяного месторождения, мы воспользовались этим обстоятельством для сравнения сигналов над нефтяным месторождением и над изучаемым сейсмоподнятием. Были проведены работы следующими методами:

1) Зондирование становлением от горизонтальной линии, установка типа АВ-q.

2) Методом зондирований встречными линиями. Точки измерений от встречных линий совпадали с точками измерений установкой АВ-q. Точки, в которых проводились измерения, находились на разном удалении от центров встречных линий. После проведения измерений была проведена 1D интерпретация параметров среды с учетом параметров поляризации по формуле Cole-Cole. Модель по удельным сопротивлениям строилась на основе результатов 1-го этапа работ установкой АВ-q.

3) Методом ЗВТ-М. Измерения проводились с разной сеткой наблюдений. Были построены карты сигналов на различных временах измерений от 10 мс до 100 мс.

Площадные результаты работ ЗВТ-М на времени 32.2 мс и полоса изолиний параметра поляризации отстроена вдоль профиля измерения сигнала ЗВЛ.

На левом рисунке отражены результаты работ ЗВТ-М в виде изолиний сигнала на времени 55.7мс. Зелеными точками обозначен профиль, вдоль которого проводились измерения ЗС(АВ-q) и ЗВЛ. На правом рисунке совмещены площадные результаты работ ЗВТ-М на времени 32.2 мс и полоса изолиний параметра поляризации, отстроена вдоль профиля измерения ЗВЛ. Координаты точек по измерениям ЗВЛ смещены от точки измерения к центру установки АВАН на 1/3 расстояния между точкой измерения и центром соответствующей установки. Этот рисунок демонстрирует, что граница залежи, полученная двумя принципиально разными методами электроразведки – ЗВТ-М и ЗВЛ хорошо совпадают при проведении этих работ.

Выводы.

Комплекс работ различными методами электроразведки позволяет изучить различные электродинамические параметры среды, не только изменение удельного сопротивления в среде.

Работы методом ЗВТ-М дают контур нефтепроявлений. Этот контур определяется не только и не столько непосредственно контуром самой залежи, а контуром ореольных изменений геосреды над залежью. Эта информация очень ценна, но дальнейшая интерпретация (распределение по глубине) затруднена из-за неясности природы сигнала. Обратим внимание, в отличие от других методов электроразведки, ЗВТ-М дает информацию, в основном, о среде, находящейся под точкой измерения. Увеличение плотности сети наблюдений в ЗВТ-М имеет смысл, т.к. сигнал почти свободен от информации об усредненной среде между точкой наблюдения и КЭД.

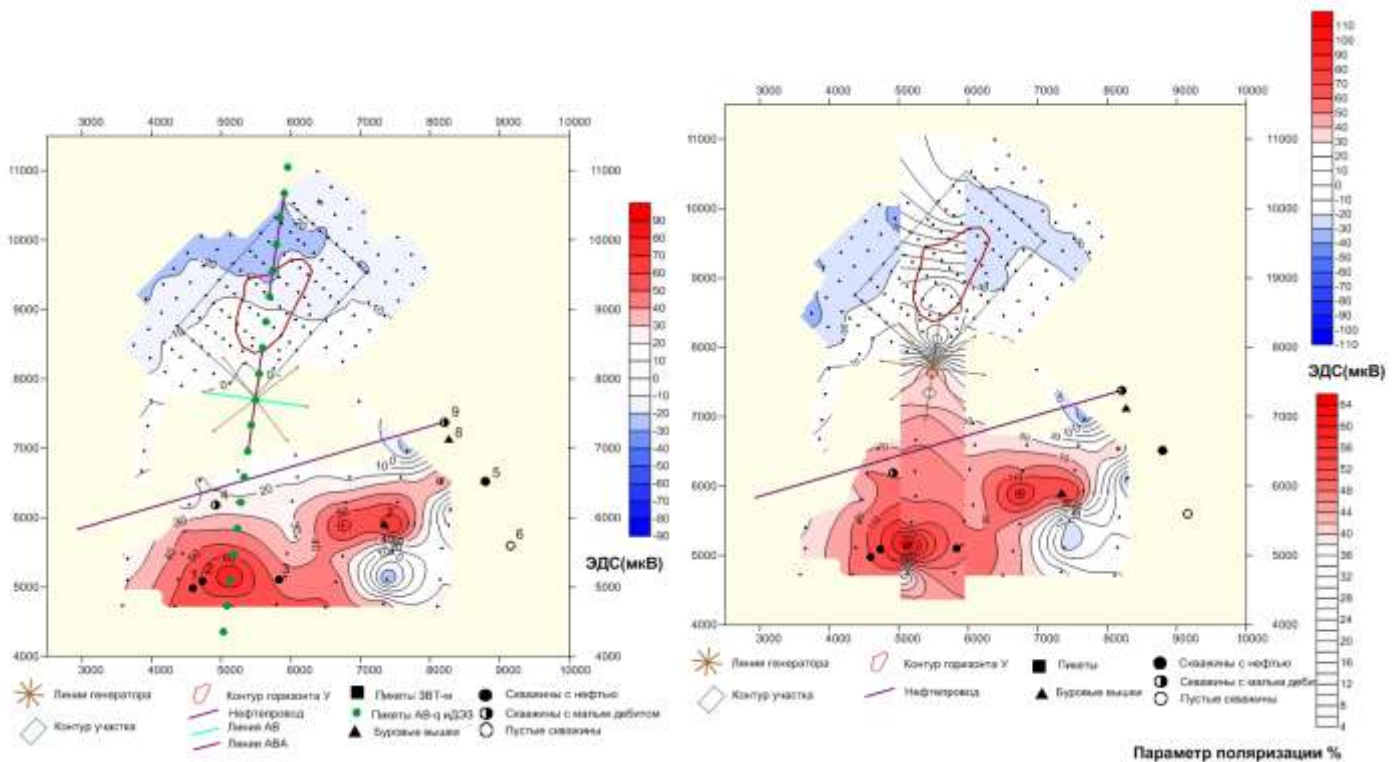
Привлечение традиционных параметров ВП повышает достоверность интерпретации электроразведочных данных при поисках углеводородов, поэтому мы предлагаем метод ЗВЛ в дополнение к ЗВТ-М. Для интерпретации данных ЗВЛ применяется модель Cole-Cole частотной дисперсии сопротивления среды. Мы выбираем метод ЗВЛ на основании его гораздо большей чувствительности к параметрам поляризации, чем традиционные методы электроразведки ВП. ЗВЛ дают теоретически обоснованные и понятные сообществу геофизиков результаты. Однако сигнал ЗВЛ, как и в большинстве методов электроразведки, усредняет информацию о среде между точкой измерения и генератором и не способен дать такую детальную площадную информацию, как это возможно в ЗВТ-М. Имеет смысл проводить предварительные профильные работы ЗВЛ и по их результатам ставить ЗВТ-М.

Для интерпретационного процесса с использованием и ЗВТ-М и ЗВЛ необходимы сведения о распределении удельного сопротивления среды. Необходимо использовать данные традиционных ЗС, ранее проведенных, либо включить работы ЗС в текущий комплекс работ. Мы предлагаем использовать различные варианты установок АВ- q с использованием текущих установок КЭД и АВА.

Очень важным моментом при проведении этих работ явилось то, что сходные геофизические результаты по месторождению нефти были получены на основании двух различных методов электроразведки – ЗВТ-М и ЗВЛ, и на основании распределения различных параметров среды.

Комплекс ЗВТ-ЗВЛ-ЗС органически сочетается в аппаратурном плане. Вся аппаратура, необходимая для ЗВЛ и ЗС, является частью и элементами аппаратуры ЗВТ. Сообща используются и элементы приемно-питающих установок.

Слева - результаты работ ЗВТ-М на времени 55.7 мс. Зелеными точками обозначен профиль, вдоль которого с шагом 375 м проводились измерения АВ- q и АВAMN. Справа - Площадные результаты работ ЗВТ-М на времени 32.2 мс и полоса изолиний параметра поляризации отстроенная вдоль профиля измерения сигнала ЗВЛ.





Винокуровский участок (Республика Татарстан, Россия).

Работы проводились по заказу ООО «ГНГ-Казаньгеофизика» на территории Татарстана.

В настоящее время при нефтепоисковых работах на территории Республики Татарстан наиболее остро стоят проблемы оконтуривания небольших месторождений нефти, разбраковки сейсмоподнятий на наличие залежей углеводородов и поиск различного рода сложнопостроенных ловушек. Основной нефтепоисковый геофизический метод – сейсморазведка не в состоянии однозначно решить эти задачи и возникает необходимость привлечения несейсмических методов поиска и разведки.

Работы зондированиями вертикальными токами были направлены на оценку перспективности группы сейсмических поднятий на Винокуровском участке. Площадь участка электроразведочных работ составила 13.5 км². В пределах участка было выполнено 137 рядовых измерений скорости вертикальной магнитной индукции при возбуждении электромагнитного поля круговым электрическим диполем (КЭД) радиусом 500 м.

За пределами проектной площади дополнительно было выполнено 67 измерений, которые позволили оконтурить северную границу нефтяного поля. Удаление точек измерений от центра кругового электрического диполя составило до 3 км (6 радиусов КЭД).

В целом, на участке электроразведочных работ зондирований вертикальными токами отмечается резкое разделение структуры электромагнитного сигнала ЗВТ. Для его юго-западной части характерны повышенные положительные значения ЭДС, что мы связываем с интенсивным воздействием углеводородов на вмещающую среду, северо-восточной – отрицательные значения (нет массового присутствия углеводородов). В пределах области с отрицательными значениями ЭДС находится скважина 560. Скважина 560 была пройдена до глубины 1857 и не вскрыла нефтенасыщенных пластов. В скважинах 582, 634, 658, 669 находящихся в пределах зоны положительных значений ЭДС получены промышленные притоки нефти (от 5 до 8.5 т/сут).

По результатам ЗВТ выделен нефтеперспективный участок, который захватывает область положительного значения сигнала интенсивностью более 0.1 мкВ. Согласно полученным материалам наиболее перспективной для открытия залежи нефти в отложениях нижнего карбона является южная часть исследованной площади.

Группа сейсмических поднятий в районе КЭД, на оценку перспективности которого были направлены данные работы, по данным электроразведочных работ ЗВТ оказалась малоперспективной на обнаружение углеводородов в отложениях карбона. Выделен перспективный участок на открытие нефти в отложениях нижнего карбона, находящийся в юго-западной части исследованной площади.

Влияние рельефа местности

При производстве работ методом ЗВТ исполнители неоднократно сталкивались с осложнениями рельефа местности. Если влияние рельефа существенно, то оно учитывается при обработке материалов. Углеводороды обычно изучаются на больших глубинах. Соответственно сигналы, связанные с влиянием углеводородов, обычно соответствуют большим временам. Чаше всего на больших временах процесса установления электромагнитного поля в земле, влияние

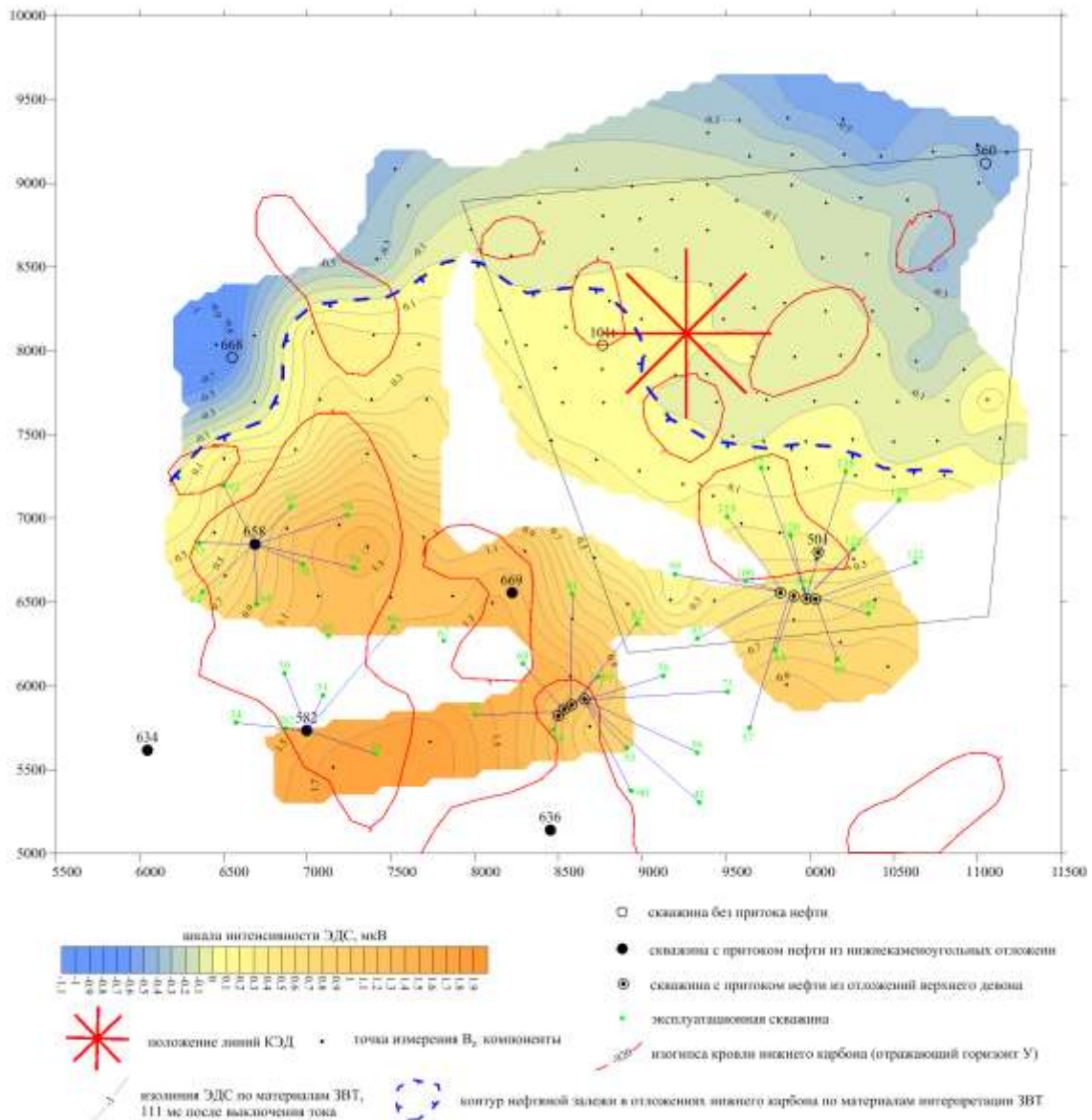
рельефа не является значительным, и им можно просто пренебречь. Однако именно на участке Винокуровский в силу ряда ограничений на размещение установки, КЭД был поставлен крайне неудачно.

Для оценки влияния рельефа местности на сигнал КЭД и введения поправки за рельеф местности было выполнено 3D моделирование. Параметры горизонтально-слоистой среды были взя-

Площадные результаты работ ЗВТ-М на времени 111 мс.

Карта результатов нефтеносковых электроразведочных работ ЗВТ

Масштаб 1:25000



ты согласно результатам интерпретации опорных зондирований. Полученные результаты 3D моделирования показали, что аномалия, вызываемая рельефом местности, наиболее интенсивна на ранних временах регистрации (3 мс), сравнима с сигналом ЗВТ на времени 10 мс и быстро затухает на времени более 10 мс. Рассчитанный сигнал, вызванный неоднородностью рельефа местности участка Винокуровский, был вычтен из наблюдаемого сигнала. После введения поправки за рельеф местности были построены планы изолиний сигнала ЗВТ на времени 43,4, 111, 181 мс.



Шийское нефтяное месторождение (Республика Татарстан, Россия).

Работы на Суеглинском поднятии

В настоящее время при нефтепоисковых работах на территории Республики Татарстан наиболее остро стоят проблемы оконтуривания небольших месторождений нефти, разбраковки сейсмоподнятий на наличие залежей углеводородов и поиск различного рода сложнопостроенных ловушек. Основной нефтепоисковый геофизический метод – сейсморазведка не в состоянии однозначно решить эти задачи и возникает необходимость привлечения несейсмических методов поиска и разведки.

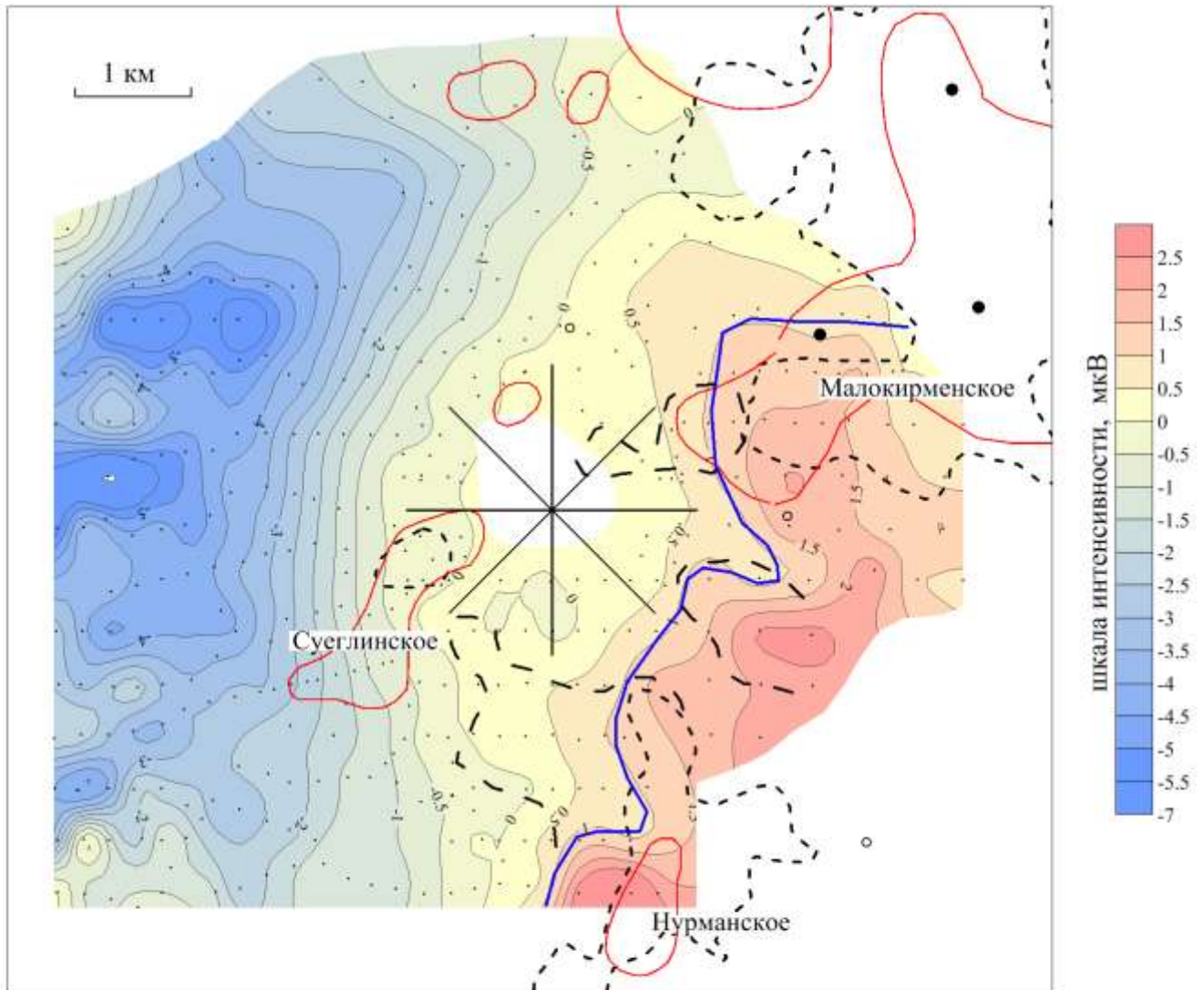
Работы зондированиями вертикальными токами были направлены на оценку перспективности Суеглинского сейсмического поднятия на открытие залежи нефти. Данное сейсмическое поднятие находится вблизи Малокирменского сейсмического поднятия в пределах которого обнаружена залежь нефти, входящая в состав Шийского месторождения (Нефтегазоносность республики Татарстан, 2007).

Электроразведочные исследования были выполнены на площади 51 км². В качестве источника электромагнитного поля был использован круговой электрический диполь радиусом 1250 м, суммарный ток коммутируемый генератором составил 144 А.








По результатам работ проведенных технологией ЗВТ выделен нефтеперспективный участок, охватывающий область положительного значения сигнала интенсивностью более 1.5 мкВ. Суеглинское сейсмическое поднятие, на оценку перспективности которого были направлены данные работы оказалось малоперспективным на обнаружение углеводородов. Согласно полученным материалам наиболее перспективной для открытия нефти в отложениях девона является юго-восточная часть исследованной площади – Нурманское сейсмическое поднятия. На всей площади исследований раннее также была проведена геохимия GORE SORBER, которая также показала, что участки с вероятностью обнаружения нефти более 90 % находятся в восточной части площади и в большей части перекрываются с участками положительного прогноза сделанного по результатам ЗВТ.



**План изолиний ЭДС на времени 201 мс
 после выключения тока в круговом электрическом диполе.**



Условные обозначения

- | | | | |
|---|--|---|--|
|  | положение линий КЭД |  | поднятие по кровле Саргаевского горизонта верхнего девона согласно данным сейсморазведки |
|  | контур с вероятностью более 90% присутствия нефти по данным геохимии GORE SORBER |  | нефтеперспективный участок по данным ЗВТ |
|  | скважина, установившая нефтенасыщение в верхнем девоне |  | скважина не вскрывшая нефтенасыщенных пластов |
|  | точка измерения dBz/dt компоненты методом ЗВТ | | |



Шийское нефтяное месторождение (Республика Татарстан, Россия).

Работы на Шадкинском поднятии.

В 2008 году в пределах Шадкинской структуры, выявленной сейсморазведочными работами, пробурена скважина глубокого бурения № 635, давшая промышленный приток нефти из терригенных отложений тиманского горизонта верхнего девона дебитом 23 м³/сутки. Последующее уточнение структурного плана Шадкинского поднятия с учетом результатов бурения показало, что скважина находится не в оптимальных условиях (самом высоком гипсометрическом положении кровли саргаевского горизонта), а в южной перекинальной части Шадкинской структуры. Возникла проблема, в каком направлении планировать дальнейшее бурение скважин.

Электроразведочные исследования проведенные методом зондирования вертикальными токами в 2009 г совместно с «ТНГ-Казаньгеофизика» были направлены на оконтуривание нефтяной залежи. В качестве источника возбуждения электромагнитного поля использовался круговой электрический диполь с длиной лучей 1 км. Ток в лучах поддерживался на уровне 112 А. Для решения поставленных геологических задач были выполнены электроразведочные работы по редкой сети профилей в объеме 203 ф.т. на площади примерно в 40 км².

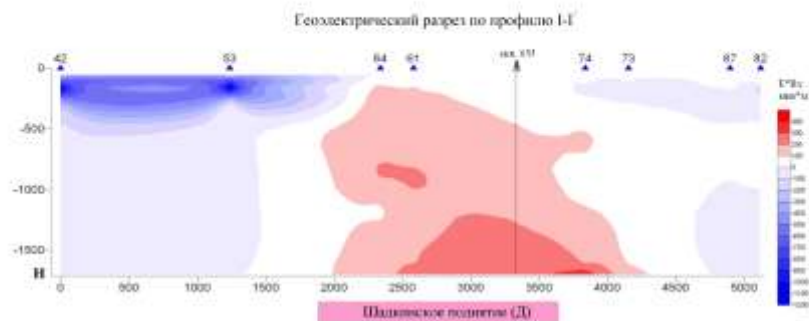
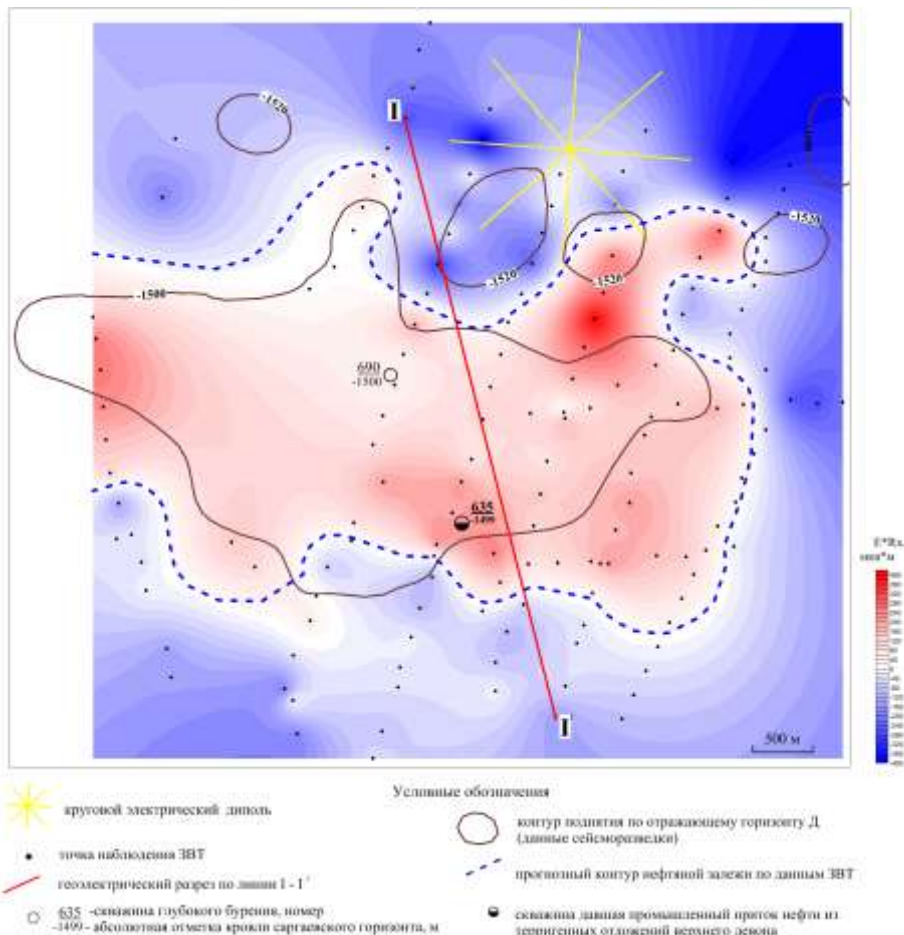
По результатам обработки электроразведочных исследований построен прогнозный контур нефтяной залежи, который позволил уточнить прогноз сделанный на основе сейсморазведочных работ. На рисунке показано отображение сигнала ЗВТ на времени 201 мс, что соответствует глубине исследования примерно 1600 м. В пределах положительной аномалии сигналов выделены зоны с максимальными значениями вертикальной составляющей магнитного поля, являющиеся наиболее перспективными в нефтеносном отношении.

На рисунке представлен кажущийся разрез по одному из профилей. С увеличением времени регистрации (глубины зондирования) аномалия, обусловленная ореолом смещается по горизонтали и достигает Шадкинского сейсмического поднятия терригенных отложений верхнего девона на которые являются нефтяными коллекторами. Интересное подтверждение нашей аномалии мы



получили совсем с неожиданной стороны. Здесь были проведены геохимические работы и геохимические аномалия оказалась весьма близка к аномалии полученной зондированиями вертикальными токами. Прослеженный нами ореол вышел на дневную поверхность! Итак, можно характеризовать методику ЗВТ как прямой способ поиска залежей углеводородов, позволяющий также фиксировать сигнал от ореольных изменений над залежью.

Площадное отображение сигнала ЗВТ на времени 201 мс





Нефтяное поле Chico-Martinez (Калифорния, США).

Электроразведочные работы на территории нефтяного поля Chico-Martinez были проведены в 2009 г с целью оконтуривания его границ.

Месторождение Chico-Martinez эксплуатируется с 60-х годов прошлого столетия. Нефть найдена в формации Etchegoin Sands. Эффективная толщина пластов-коллекторов Etchegoin Sands достигает 90 метров, глубина их залегания в пределах нефтяного поля изменяется от 130 до 450 м. Пластовая нефть, обнаруженная здесь, представляет собой “тяжелую” нефть, что затрудняет добычу традиционными методами. Кроме песков Etchegoin диатомитовая зона Антилоповых Холмов (подстилает формацию Etchegoin Sands) может является отдельным продуктивным горизонтом на месторождении Chico-Martinez. Эта свита оказалась продуктивной в двух милях к юго-востоку на нефтяном поле Sumgic и в двух милях к востоку на нефтяном поле South Belridge.

Поисково-разведочные работы были направлены на изучение перспектив нефтеносности коллекторов Etchegoin Sands в восточной части лицензионного участка принадлежащего компании CRUDECORP. Электроразведочные измерения были проведены по сети 200×100 м в пределах участка размерами 1.8 x 2.4 км который принадлежит компании CRUDECORP. Были выполнены две серии измерений от различающихся размером круговых электрических диполей. Круговой электрический диполь (КЭД) диаметром 1.5 км был расположен к северо-востоку от изучаемой площади, а КЭД диаметром 0.6 км – к востоку от площади работ. Полученные материалы от двух КЭД хорошо согласуются друг с другом.

Согласно результатам электроразведочных работ в пределах нефтяного поля регистрируются положительные значения сигнала $\partial B_z / \partial t$, на границе нефтяного поля происходит смена знака сигнала и за пределами нефтяного поля регистрируется сигнал отрицательной полярности. Центральная часть участка работ, в пределах которой находятся наиболее продуктивные скважины характеризуется высоким положительным уровнем сигнала. Проведенные работы позволили оконтурить нефтяное поле, выделили площадь перспективную для бурения (южная часть



площади исследований) и показали отсутствие перспектив нефтеносности восточной части лицензионной площади.

В настоящее время на участке, рекомендованном как перспективный (южная часть площади исследований), пробурены 2 скважины, в которых после выполнения работ по гидроразрыву пласта получены промышленные притоки нефти.

Результаты работ на нефтяном поле Chico Martinez

План изолиний ЭДС на времени 60 мс

