

## ОКОНТУРИВАНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗОНДИРОВАНИЙ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ТОКАМИ

Б. П. Балашов, Р. С. Мухамадиев, В. С. Могилатов, Д. С. Андреев,  
А. В. Злобинский, В. К. Шишкин, В. В. Стогний

**АННОТАЦИЯ.** Обсуждается опыт применения площадной импульсной электроразведки с фиксированным источником электромагнитного поля - круговым электрическим диполем (метод зондирования вертикальными токами - ЗВТ) для оконтуривания границ нефтяных залежей на трёх поисковых участках. Согласно полученным данным, в пределах нефтяного поля регистрируются положительные значения сигнала, на границе нефтяного поля происходит смена знака сигнала, и за пределами нефтяного поля регистрируется сигнал отрицательной полярности. 3D-моделирование выявило, что регистрируемые аномалии вертикальной компоненты изменения магнитного поля над нефтяными залежами нельзя связать с неоднородностями изучаемой среды по электрическому сопротивлению. Отмечается хорошее совпадение геохимических аномалий летучих углеводородов и областей положительного прогноза обнаружения нефти по материалам электроразведки ЗВТ. Сделано предположение о связи электроразведочных аномалий с эпигенетическими изменениями, происходящими в вышележащих толщах над нефтяной залежью при миграции летучих углеводородов. Она приводит к увеличению поляризуемости горных пород и понижению магнитной восприимчивости. **Ключевые слова:** зондирование вертикальными токами, круговой электрический диполь, поляризуемость горных пород, миграция углеводородов, локальный прогноз.

**ABSTRACT.** The article discusses the experience of TEM oil targets exploration by a new VECS (Vertical Electrical Currents Sounding) method. VECS was used for delineation of oil fields. VECS signals are positive over oilfields and negative outside of oilfields. 3D modelling demonstrates that VECS results are not associated with anomalous resistivity signals. There is good coincidence between VECS results and geochemistry results. The article discusses relations of VECS results and epigenetic changes, which cause an increase in polarizability and decrease in magnetic susceptibility of rocks. **Key words:** Vertical Electrical Currents Sounding, 3D modeling, polarizability, magnetic susceptibility.

### Введение

Традиционно при нефтепоисковых работах методами электроразведки в качестве источника электромагнитного поля используют незаземлённую петлю или заземлённую электрическую линию. Незаземлённая петля, заземлённая линия и круговой электрический диполь возбуждают совершенно разные системы электрических токов в изучаемой среде. Знаменитое "токовое кольцо" [11], возбуждаемое петлёй, образуется только горизонтальными токами и характеризуется широким латеральным распространением. На дневной поверхности мы имеем отклик, определяемый всей вмещающей толщей. В этих условиях изучение слабых аномалий, обусловленных глубоко залегающими месторождениями нефти, сталкивается с проблемой фонового сигнала. Неразрешимая проблема снятия фона, типичная для традиционных электроразведочных исследований по технологии зондирования становлением (ЗС) - вовсе не техническая проблема, а принципиальная, связанная с источником электромагнитного поля.

Возможность регистрировать отклик только от локального трёхмерного объекта предоставляет электромагнитное поле, возбуждаемое круговым электрическим

диполем - КЭД [2]. Правильная тороидальная система токов, образующаяся в горизонтально-слоистой среде, не имеет магнитного поля вне себя (т. е. на земной поверхности и выше). Магнитный отклик появляется только в связи с латеральными нарушениями геоэлектрических параметров среды (не только удельного сопротивления, но и любых других). Именно такова идея метода зондирования вертикальными токами (ЗВТ).

Согласно опыту проведённых работ методом ЗВТ, в пределах нефтяного поля регистрируются положительные значения сигнала  $dB/dt$ , на границе нефтяного поля происходит смена знака сигнала, и за пределами нефтяного поля регистрируется сигнал отрицательной полярности [4, 10]. Вместе с тем, дискуссионной является природа аномалообразующего объекта. На основании 3D математического моделирования [9] и физического моделирования [3] показано, что при нахождении в изучаемой среде локального объекта, отличающегося от вмещающей среды только по электрическому сопротивлению, в поле распределения вертикальной магнитной компоненты  $dB/dt$  образуется дипольная аномалия. Центр аномалообразующего объекта локализуется в месте смены знака дипольных областей. В данной работе анализируются

материалы полевых исследований по пространственной структуре неустановившегося магнитного поля над нефтяными залежами при его возбуждении круговым электрическим диполем с целью выявления природы аномалообразующего объекта.

**Технология полевых работ**

В пределах участка исследований монтировался источник электромагнитного поля - круговой электрический диполь с радиусом, соответствующим глубине и площади исследований. Круговой электрический диполь состоял из 8 заземлённых электрических линий, сходящихся к центру с углами кратными 45 градусам. В упоминаемых ниже работах по оконтуриванию нефтяных полей радиус (или длины каждой из 8 радиальных линий) составлял от 300 до 1250 м. Идея такого источника подразумевает, что геометрия его правильная, а токи в лучах выровнены. Что касается геометрии, то необходимая точность ( $\pm 1$  м) легко достигалась с помощью дифференциального GPS приемника. За поддержанием равных токов в лучах следила зондирующая установка GTE-10S, которая формирует в круговом электрическом диполе стабилизированные импульсы тока заданной амплитуды и длительности с чередующейся полярностью. Использование мощного источника тока (до 160 А) позволяет регистрировать сигналы с высоким соотношением полезный сигнал/помеха. Обращаем внимание на то обстоятельство, что мы не только уповаем на принципиальные новшества метода, но и применяем сильное электромагнитное возбуждение геологической среды.

Измерительный комплекс включал компактный индукционный датчик и измеритель CEI-7 [8]. Регистрировалась вертикальная компонента скорости изменения неустановившегося электромагнитного поля ( $dB_z/dt$ ). Синхронизация между генераторной установкой и измерителем выполнялась с использованием сигналов спутников GPS. Измерительный комплекс (один или несколько) свободно перемещается по площади исследований. Удаление от центра установки может составлять до 4 - 5 радиусов источника. Таким образом, при одном закреплённом источнике радиусом 1000 м оперативно исследуется площадь до 50 км<sup>2</sup>.

Обработка полевых данных была выполнена в программе ЗаВеТ-М. Площадной сигнал от кругового электрического диполя имеет естественную тенденцию к ослаблению при удалении от источника. Выполняемая при обработке нормировка учитывает различное удаление пикетов от питающей установки. При визуализации сигнал подлежит нормированию согласно формуле:

$$\varepsilon_i^{норм} = \varepsilon_i \left( \frac{r}{d} \right)^n, \tag{1}$$

где  $\varepsilon_i$  - значение ЭДС, измеренное на  $i$  пикете,  $r$  - расстояние между центром КЭД и точкой измерения,  $d$  - диаметр КЭД, и  $n$  - нормировочная степень, изменяемая со временем (обычно от 1 до 3), но постоянная на данном времени для всей площади.

Математическое обеспечение также включает программу одномерного моделирования для источника типа КЭД с целью оценки остаточного поля процесса становления. Вообще, сигналы ЗВТ с магнитным приёмом имеют сугубо "трёхмерное" происхождение и нуждаются в трёхмерном подходе при интерпретации. 3D-моделирование электромагнитного поля, возбуждаемого неоднородностями по электрическому сопротивлению в зондируемой среде, проводилось в программе GeoPrep [9] методом конечных элементов. В данной программе аномалообразующие объекты аппроксимируются параллелепипедами с изменённым сопротивлением, расположенными в горизонтально-слоистой среде. Это моделирование использовалось в попытках (неудачных) объяснить аномалии сигнала ЗВТ над залежью аномалиями проводимости, а также для анализа влияния рельефа местности.

**Работы на Шадкинском 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 поиска различного рода сложно-построенных ловушек [10]. Основной нефтепоисковый геофизический метод - сейсморазведка - не в состоянии однозначно решить эти задачи, и возникает необходимость привлечения несейсмических методов поиска и разведки.

Сейсморазведочными работами в пределах Шийского нефтяного месторождения было выявлено Шадкинское поднятие. В 2008 г. здесь была пробурена скважина глубокого бурения 635, давшая промышленный приток нефти из терригенных отложений тиманского горизонта верхнего девона. Последующее уточнение структурного плана Шадкинского поднятия с учётом результатов бурения показало, что скважина находится не в оптимальных условиях. Возникла проблема - в каком направлении планировать дальнейшее бурение скважин.

Электроразведочные исследования методом зондирования вертикальными токами были направлены на оконтуривание нефтяной залежи. В качестве источника электромагнитного поля использовался круговой электрический диполь с длиной лучей 1 км, ток поддерживался генераторной установкой 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 равной 40 км<sup>2</sup>.

По результатам обработки данных электроразведочных исследований методом ЗВТ (рис. 1) получен 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 (глубина залегания коллекторов верхнего девона). В пределах положительной аномалии сигналов выделены зоны с максимальными значениями  $dB_z/dt$ , являющиеся наиболее перспективными в отношении нефтеносности.



Рис. 1. временн...  
трическ...  
7 - полож...  
тур с вер...  
геохимии...  
данном...  
на, устан...  
ка измер...

На р...  
из проц...  
тельная...  
ет орео...  
дородо...  
аномал...  
ризон...  
поднят...  
которы...  
лучили...  
Здесь...  
щадна...  
залась...

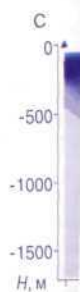


Рис. 2. полож...

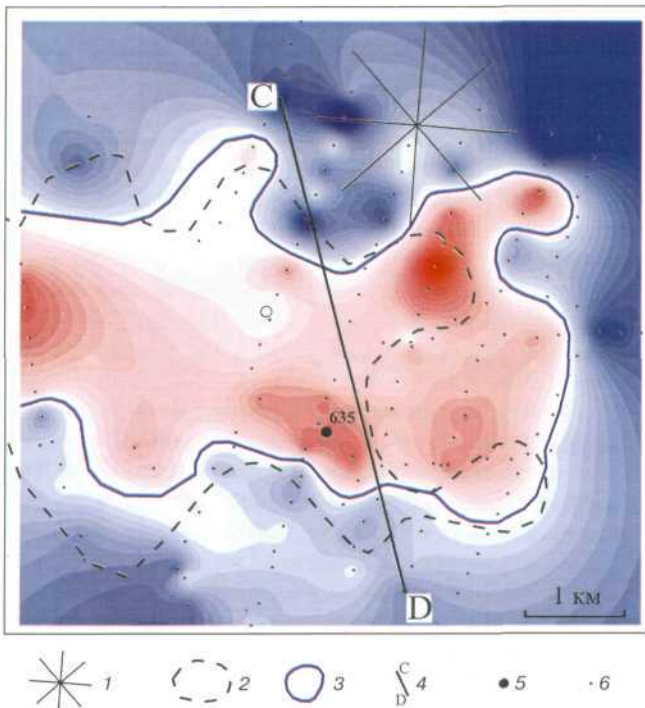


РИС. 1. Шадкинское поднятие. План изолиний ЭДС на времени 201 мс после выключения тока в круговом электрическом диполе:

1 - положение линий кругового электрического диполя; 2 - контур с вероятностью более 90% присутствия нефти по данным геохимии GORE SORBER; 3 - нефтеперспективный участок по данным ЗВТ; 4 - линия геоэлектрического разреза; 5 - скважина, установившая нефтенасыщение в верхнем девоне; 6 - точка измерения ЗВТ

На рисунке представлен разрез (рис. 2) по одному из профилей. Пространственно-временная положительная аномалия сигнала ЗВТ, по-видимому, отражает ореол изменённых под действием миграции углеводородов пород. С увеличением глубины зондирования аномалия, обусловленная ореолом, смещается по горизонтали и достигает Шадкинского сейсмического поднятия терригенных отложений верхнего девона, которые являются нефтяными коллекторами. Мы получили интересное подтверждение нашим результатам. Здесь были проведены геохимические работы, и площадная геохимическая аномалия GORE SORBER оказалась весьма близка к аномалии, полученной зондиро-

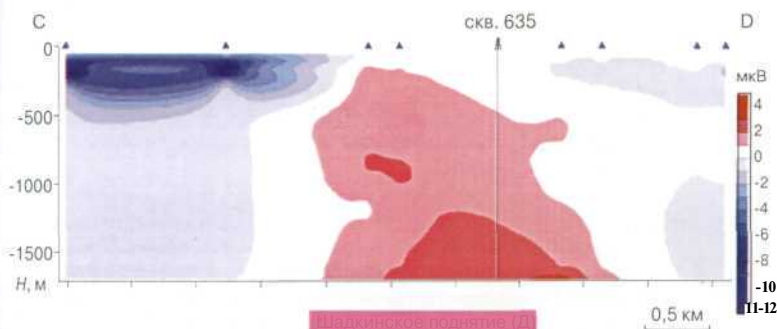


Рис. 2. Геоэлектрический разрез по профилю C-D: положение разреза показано на рис. 1

ваниями вертикальными токами. Прослеженный нами ореол вышел на дневную поверхность. Итак, можно характеризовать методику ЗВТ как прямой способ поиска залежей углеводородов, позволяющий фиксировать сигнал от ореольных изменений над залежью.

**Результаты электроразведочных работ на нефтяном поле Chico-Martinez**

Электроразведочные работы на территории нефтяного поля Chico-Martinez, находящегося в Калифорнии, США, были проведены 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 "тяжёлую" нефть, что затрудняет добычу традиционными методами. Кроме формации Etchegoin Sands подстилающая её диатомитовая зона Antelope Hills может является отдельным продуктивным горизонтом на месторождении Chico-Martinez. Эта свита оказалась продуктивной в двух милях к юго-востоку, на нефтяном поле Sumric, и в двух милях к востоку на нефтяном поле South Belridge.

Поисково-разведочные работы были направлены на изучение перспектив нефтеносности коллекторов формации Etchegoin Sands и особенно нефтеносности подстилающего коллектора Antelope Hills. Измерения проведены по сети 100 x 200 м в пределах лицензионного участка (участок компании CRUDECORP) размерами 1,8 x 2,4 км. Были выполнены две серии измерений от различающихся размером и положением КЭД. Круговой электрический диполь диаметром 1,5 км был расположен к северо-востоку от изучаемой площади, а КЭД диаметром 0,6 км - к востоку от площади работ. При использовании первого КЭД суммарный ток составил 80 Ампер, второго КЭД - 47,2 Ампера. Измерения  $dB/dt$  компоненты проводились индукционным датчиком с эффективной площадью 125 000 м<sup>2</sup>. Полученные материалы от двух источников электромагнитного поля, различающихся радиусом, хорошо согласуются друг с другом (рис. 3).

Согласно результатам электроразведочных работ, в пределах нефтяного поля регистрируются положительные значения сигнала  $dB/dt$ , на границе нефтяного поля происходит смена знака сигнала, и за пределами нефтяного поля регистрируется сигнал отрицательной полярности.

Проведенные работы позволили оконтурить нефтяное поле, выделить площадь, перспективную для бурения (юго-восточная часть площади исследований), и показали отсутствие перспектив нефтеносности восточной и северной части лицензионной площади компании CRUDECORP.

**Работы на Суеглинском поднятии**

Работы зондированием вертикальными токами были направлены на оценку перспектив открытия залежи нефти в пределах Суеглинского

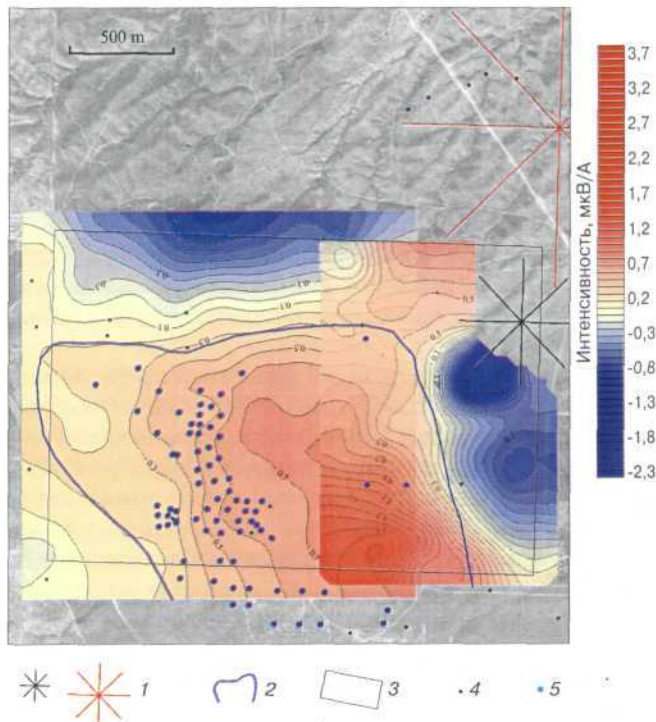


Рис. 3. План распределения интенсивности  $3V_z/3f$  компоненты на площади ChicoMartinez. Время 60 мс после выключения тока в круговом электрическом диполе: 1 - положение линий кругового электрического диполя; 2 - граница нефтяного поля по материалам ЗВТ; 3 - лицензионная площадь CRUDECORP; 4 - скважина, не вскрывшая нефтенасыщенные пласты; 5 - скважина с притоком нефти

сейсмического поднятия Саргаевского горизонта верхнего девона (Татарстан). Данное сейсмическое поднятие находится вблизи Малокирменского сейсмического поднятия в пределах которого обнаружена залежь нефти, входящая в состав Шийского месторождения [7]. Основные промышленные скопления нефти установлены в терригенных коллекторах девона, находящихся на глубине примерно 1500 м.

Электроразведочные исследования были выполнены на площади 51 км<sup>2</sup>. В качестве источника электромагнитного поля был использован круговой электрический диполь радиусом 1250 м, коммутируемый генератором суммарный ток составил 144 А.

В целом на площади электроразведочных работ отмечается резкое разделение структуры неустановившегося электромагнитного поля. Для его западной части характерны положительные значения ЭДС интенсивностью до 2 мкВ ( $t = 201$  мс после выключения тока в круговом электрическом диполе), для восточной - отрицательные значения интенсивностью до 7 мкВ (рис. 4). При интерпретации электроразведочных материалов были рассмотрены все возможные факторы изучаемой среды, которые могли повлиять на результаты эксперимента. Необходимо отметить, что источником дипольной аномалии может быть локальный объект, резко отличающийся от вмещающей среды по электрическому сопротивлению, а также влияние неоднородностей рельефа в пределах кругового электричес-

кого диполя. Анализ топографической ситуации показал, что от поселка Нурминское лесничество до поселка Малые Кирмени проходит овраг глубиной примерно 30 м, который пересекает западную часть электроразведочной установки. С целью исследования влияния рельефа, в пределах КЭД было выполнено 3D-моделирование, в котором неоднородность от оврага рассматривалась как непроводящая вставка в среду с сопротивлением первого геоэлектрического слоя 20 Ом\*м. Согласно полученным результатам математического моделирования, аномалия от оврага является дипольной, однако её интенсивность меньше зарегистрированной почти в десять раз.

Источником дипольной аномалии может быть локальная геоэлектрическая неоднородность, находящаяся в пределах кругового электрического диполя. Для дополнительного изучения геоэлектрического строения изучаемого участка было выполнено 52 зондирования становлением (ЗС) с использованием в качестве источника электромагнитного поля заземлённой линии длиной 2,4 км. Датчиками, установленными в средней (1/3 АВ) части генераторной линии, измерялась горизонтальная компонента скорости изменения электромагнитного поля  $dB/dt$ . На основе ID-инверсии в программе Podbor-Vy (авторы В. С. Могилатов, А. В. Злобинский) были построены геоэлектрические разрезы. Один из них, пересекающий КЭД, приведён

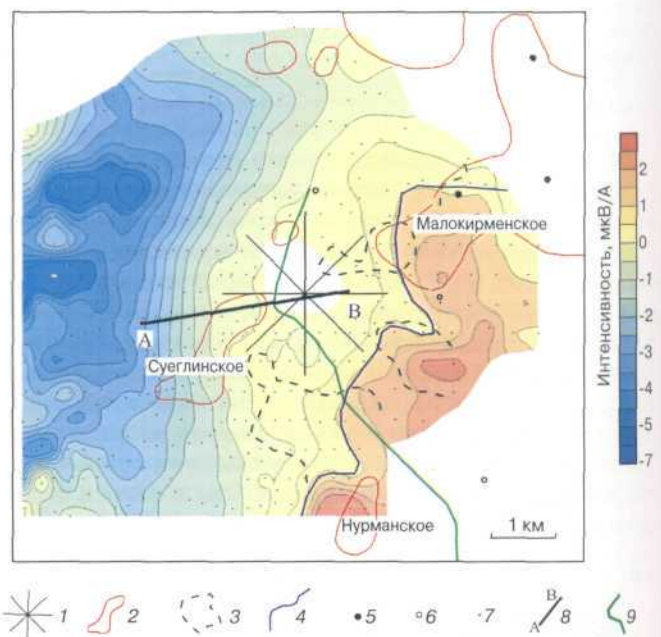


Рис. 4. Суеглинское поднятие. План изолиний ЭДС на времени 201 мс после выключения тока в круговом электрическом диполе:

1 - положение линий кругового электрического диполя; 2 - поднятия по кровле Саргаевского горизонта верхнего девона согласно данным сейсморазведки; 3 - контур с вероятностью более 90% присутствия нефти по данным геохимии GORE SORBBER; 4 - нефтеперспективный участок по данным ЗВТ; 5 - скважина, установившая нефтенасыщение в верхнем девоне; 6 - скважина, не вскрывшая нефтенасыщенных пластов; 7 - точка измерения методом ЗВТ; 8 - линия геоэлектрического разреза; 9 - ось оврага

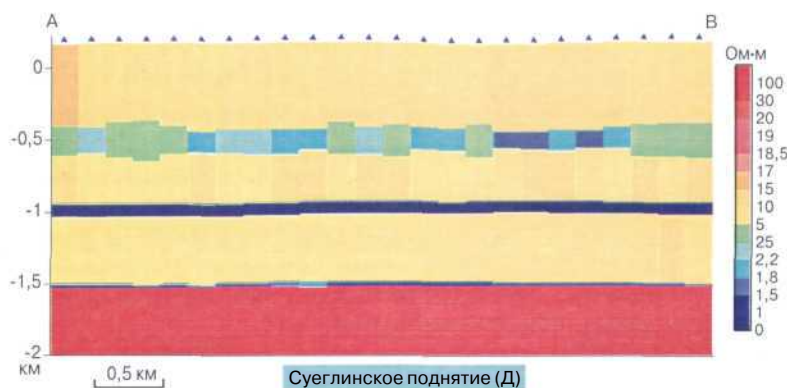


Рис. 5. Геоэлектрический разрез по профилю АВ, построенный на основе 1 D-инверсии данных ЗС: положение разреза см. на рис. 4

на рис. 5. По материалам зондирований становлением поля для изученной площади характерна выдержанность мощностей и удельных сопротивлений геоэлектрических слоев, составляющих осадочный чехол, которая не позволяет связать аномалию, зарегистрированную методом ЗВТ над нефтяной залежью, с неоднородностями изучаемой среды по электрическому сопротивлению.

По результатам работ, проведенных по технологии ЗВТ, выделен нефтеперспективный участок, охватывающий область положительного значения сигнала интенсивностью более 1,5 мкВ (?= 201 мс, что примерно соответствует глубине залегания коллекторов верхнего девона). Согласно полученным материалам, наиболее перспективной для открытия нефти в отложениях девона является юго-восточная часть исследованной площади - Нурманское сейсмическое поднятие. На всей площади исследований ранее 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.

#### Обсуждение результатов и выводы

Нами изучена пространственная структура неустановившегося магнитного поля над нефтяными залежами при его возбуждении круговым электрическим диполем. Согласно физическим основам метода ЗВТ площадное распределение магнитного поля свободно от фона вмещающей среды и вызвано только локальными геоэлектрическими неоднородностями. Полевые электроразведочные работы зондированиями вертикальными токами, проведенные на нефтяном поле Chico-Martinez (Калифорния, США) и двух участках Шийского нефтяного месторождения (Татарстан, Россия), показали, что контур нефтяной залежи совпадает с положительной аномалией вертикальной компоненты магнитного поля ( $dB_z/di$ ). При проведении работ на Суеглинском поднятии для изучения природы аномалии на площади проводимых работ был дополнительно изучен геоэлектрический разрез осадочного чехла с помощью зондирований становлением (ЗС). Полученные ма-

териалы были использованы для создания геоэлектрической модели осадочного чехла. Однако проведенным математическим моделированием показано, что зарегистрированную методом ЗВТ аномалию над нефтяной залежью нельзя связать с неоднородностями изучаемой среды по электрическому сопротивлению, а также с влиянием рельефа местности.

Отмечается хорошее совпадение областей положительного прогноза на обнаружение нефти по данным геохимического изучения концентрации летучих углеводородов в почвенном слое с использованием сорбционных датчиков GORE SORBER и перспективных областей по данным ЗВТ.

Работами, проведенными В. С. Моисеевым (2002), А. Г. Небратом (2008), П. Ю. Легейдо с соавторами (2009), П. С. Бабаянцем с соавторами (2006), Sternberg (1991) показано, что над нефтяной залежью при миграции легких фракций углеводородов наблюдаются эпигенетические изменения вышележащих толщ, приводящие к изменению минералогического состава и физических свойств горных пород. В частности, над нефтяными залежами при миграции углеводородов происходят реакции, ведущие к кальцитизации и пиритизации. В результате реакций восстановления железа из магнетита и маггемита, для которых характерна высокая магнитная восприимчивость, образуются немагнитные или с низкой магнитной восприимчивостью минералы, такие как гематит, пирит и сидерит.

Аномалии, регистрируемые методом ЗВТ над нефтяными залежами, связываются с увеличением поляризуемости горных пород и понижением их магнитной восприимчивости. Площадной сигнал ЗВТ, свободный от подавляющего вклада проводимости вмещающей толщи, весьма чувствителен к любым, даже очень слабым латеральным изменениям любых параметров (электродинамических и электрохимических). Проведение работ по технологии зондированиями вертикальными токами позволяет проследить распространение ореола эпигенетических изменений горных пород от дневной поверхности к залежи. Это дает возможность при нефтепоисковых работах оконтурить нефтяную залежь и оценить наличие залежи углеводородов в пределах выявленных сейсморазведкой положительных структур.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаянц П. С., Блох Ю. И., Буш В. А., Трусов А. А., 2006, Интерпретация аэрогеофизических данных при поисках месторождений нефти и газа: Разведка и охрана недр, 5, 13 - 18.
2. Могилатов В. С., 1992, Круговой электрический диполь - новый источник для электроразведки: Изв. РАН. Сер. Физика Земли, 6, 97 - 105.
3. Могилатов В. С., Балашов Б. П., 2005, Зондирования вертикальными токами: Новосибирск, Издательство СО РАН, филиал "Гео".
4. Могилатов В. С., Мухамдиев Р. С., Балашов Б. П., Смоленцев В. В., Феофилов С. А., Темирбулатов Ш. С., Потанов В. В., 2003, Результаты работ по оконтуриванию залежей нефти в Татарстане методом зондированиями вертикальными токами: Геофизика, 5, 47 - 54.

5. Мусеев В. С., 2002, Метод вызванной поляризации при поисках нефтеперспективных площадей: Новосибирск, Наука.
6. Небрат А. Г., Сочельников В. В., Кисель С. А., 2008, К вопросу о применении методов электроразведки при прогнозе характера УВ-насыщения: Геофизика, 5, 57 - 58.
7. Нефтегазоносность Республики Татарстан. Геология и разработка нефтяных месторождений, 2007. Под ред. Р. Х. Муслимова. Т. 2, Казань, Изд-во "ФЭН" Академии наук РТ.
8. Секачев М. Ю., Балашов Б. П., Саченко Г. В., Вечкапов О. П., Захаркин А. К., Тарло Н. Н. Могилатов В. С., Злобинский А. В., 2006, Аппаратурный электроразведочный комплекс "Цикл-7": Приборы и системы разведочной геофизики, 1, 44 - 46.
9. Соловейчик Ю. Г., Персова М. Г., Рояк М. Э., Тригубович Г. М., 2004, Конечноэлементное моделирование электромагнитного поля для кругового электрического диполя в трёхмерных средах: Сибирский журнал индустриальной математики, 1, 114 - 129.
10. Хисамов Р. С., Гатиятуллин Н. С., Тарасов Е. А., Екименко В. А., Войтович С. Е., Либерман В. Б., 2010, Геологоразведочные работы в регионах с высокой опоскованностью недр: Казань, Изд-во "ФЭН" Академии наук РТ.
11. Nabighian M. N., 1979, Quasi-static transient response of a conducting half-space - An approximate representation: Geophysics, 44, 1700 - 1705.
12. Steinberg B. K., 1991, A review of some experience with the induced polarization/resistivity method for hydrocarbon surveys: successes and limitation: Geophysics, 56, 1522 - 1532.
13. Veeken P. C. H., Legeydo P. J., Davidenko Y. A., Kudryavceva E. O., Ivanov S. A., Chuvaev A., 2009, Benefits of induced polarization geoelectric method to hydrocarbon exploration: Geophysics, 74, B47 - B59.

ОБ АВТОРАХ



**Борис Петрович  
БАЛАШОВ**

Генеральный директор Научно-технической компании ЗаВеТ-ГЕО, доктор техн. наук. Окончил Новосибирский электротехнический институт в 1971г. Область научных интересов - электроразведочные технологии, нацеленные на прямой поиск залежей углеводородов.

E-mail: office-zavet@emtek.as



**Рафаил Сафинович  
МУХАМАДИЕВ**

Исполнительный директор ТНГ-Казаньгеофизика. Окончил Казанский государственный университет в 1976г. Область научных интересов - применение и развитие электроразведочных, гравиразведочных, магниторазведочных и геохимических технологий, комплексирование сейсмических и несейсмических методов разведки полезных ископаемых. E-mail: muhamadiev@tng-kazan.ru



**Владимир Сергеевич  
МОГИЛАТОВ**

Главный научный сотрудник лаборатории геоэлектрики Института нефтегазовой геологии и геофизики ИГиГ СО РАН, доктор техн. наук, профессор кафедры геофизики ИГУ. Область научных интересов - физико-математические основы геоэлектрики с контролируруемыми источниками. E-mail: mvacs@yandex.ru



**Денис Сергеевич  
АНДРЕЕВ**

Главный геофизик ТНГ-Казаньгеофизика. Окончил Казанский государственный университет в 1994 г. Область научных интересов - гравиразведка, магниторазведка, электроразведка, геохимия, геолого-геофизическое моделирование. E-mail: andreev@tng-kazan.ru



**Аркадий Владимирович  
ЗЛОБИНСКИЙ**

Ведущий программист Научно-технической компании ЗаВеТ-ГЕО, кандидат техн. наук, окончил физический факультет Новосибирского государственного университета в 1992г. Область интересов - обработка и интерпретация результатов электромагнитных зондирований. E-mail: ZlobinskyA V@newmail.ru



**Валентин Климентьевич  
ШИШКИН**

Ведущий геофизик ТНГ-Казаньгеофизика. Окончил Казанский государственный университет в 1976 г. Область научных интересов - совершенствование интерпретации и обработки данных импульсной индуктивной электроразведки. E-mail: shivalentin@mail.ru



**Василий Валерьевич  
СТОГНИЙ**

Ведущий геофизик Научно-технической компании ЗаВеТ-ГЕО, кандидат техн. наук. Окончил Якутский государственный университет в 1997 г. Область научных интересов - применение электроразведочных методов для поиска рудных месторождений и изучения структуры криолитозоны. E-mail: v.stogny@gmail.com

Рецензент - доктор техн. наук Б. С. Светов.