

УДК 550.37

## КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ НАД СЕЙСМИЧЕСКИМ ПОДНЯТИЕМ С ЦЕЛЬЮ ОКОНТУРИВАНИЯ НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В.С. Могилатов, А.В. Злобинский

**Аннотация.** Обсуждается опыт комплексного применения методов электроразведки – зондирования встречными линиями, зондирования вертикальными токами и зондирования становлением при обследовании сейсмического поднятия. Комплекс позволяет использовать разнообразные электромагнитные параметры среды для выявления нефтяных залежей. Дополнительным преимуществом комплексных работ явилась оптимизация ресурсов посредством использования общих элементов приемно-питающих установок и аппаратуры в разных способах электроразведки.

**Ключевые слова.** Зондирования вертикальными токами, круговой электрический диполь, встречная электрическая линия, поляризуемость горных пород, миграция углеводородов, локальный прогноз.

**Abstract.** We discuss the experience of an integrated application of electrical prospecting – soundings by counter lines, vertical electric currents soundings and classical transient in time domain for the examination of seismic uplift. The complex allows to use a variety of electromagnetic parameters of the medium for the detection of oil deposits. An additional benefit of integrated work was optimization of resources through the use of common elements receiver-transmitter array and equipment in various modes of electrical prospecting.

**Key words.** Vertical electric currents soundings, circular electric dipole, the counter electrical lines, polarization of rocks, migration of hydrocarbons, local forecast.

В традиционных методах электроразведки изучают параметр удельное электрическое сопротивление ( $Y_{ЭС}$ ), который, как правило, малоинформативен для углеводородных объектов. В качестве эффективного дополнения электроразведка предлагает изучение поляризуемости пород. При этом считается доказанным, что над залежами углеводородов поляризация возрастает [7, 9]. Для изучения параметров поляризации обычно используют классическую установку  $ABMN$  в режиме становления (метод ЗС-ВП). В последнее десятилетие для изучения параметра поляризации часто используется подобная модификация – ДНМЭ [9]. Этот метод показал большую чувствительность к параметрам поляризации за счет использования трехточечной схемы измерений  $MON$  и применения специальных трансформаций сигнала. Однако в качестве источника применяется обычная линия АВ. Измерения установками  $ABMN$  и  $ABMON$  несут информацию о довольно большом объеме геологической среды между генераторной и приемной линиями. Такие исследования оправданы при проведении региональных профильных работ с редкой сетью наблюдений, но малопригодны, если нужно оконтурить нефтяное месторождение размером в несколько квадратных километров. Нужны другие методы с новыми целевыми параметрами, требующими плотных площадных наблюдений.

### Состав электроразведочного комплекса

Мы давно и успешно предлагаем метод с плотной сетью наблюдений (источник фиксируется) – зонди-

рования вертикальными токами (ЗВТ). Напомним, что метод ЗВТ основан на использовании принципиально нового источника электромагнитного поля – кругового электрического диполя (КЭД). КЭД формируется из 8 радиальных электрических линий с одинаковым током. На рис. 1 приведены схема установки КЭД и схема измерений. Наиболее апробирована разновидность метода ЗВТ–ЗВТ-М с индуктивным измерением компоненты  $\partial B_z / \partial t$ , давшая хорошие результаты при исследовании залежей углеводородов [2, 4, 6, 8]. Природа сигналов в ЗВТ-М и электромагнитные параметры, его определяющие, еще обсуждаются, но показано, что это не связано с изменением удельного сопротивления среды или параметров поляризации в области скопления углеводородов. Наиболее интересная на сегодня теория состоит в участии магнитного поля Земли (посредством эффекта Лоренца) в формировании магнитного сигнала ЗВТ в области измененных пород над залежью. В любом случае имеется твердо установленный экспериментальный факт – связь площадного сигнала ЗВТ-М с зоной нефте-насыщения [2, 6].

Напомним также о некоторых свойствах поля, порождаемого КЭД [3, 4].

Поле КЭД электрического типа (ТМ-поле) и является некоторым антиподом поля токовой петли (ТЕ-поле).

Магнитное поле на поверхности Земли над горизонтально-слоистым разрезом отсутствует. Следовательно, сигнал, регистрируемый в ЗВТ-М, имеет своим источником трехмерное включение любого рода.

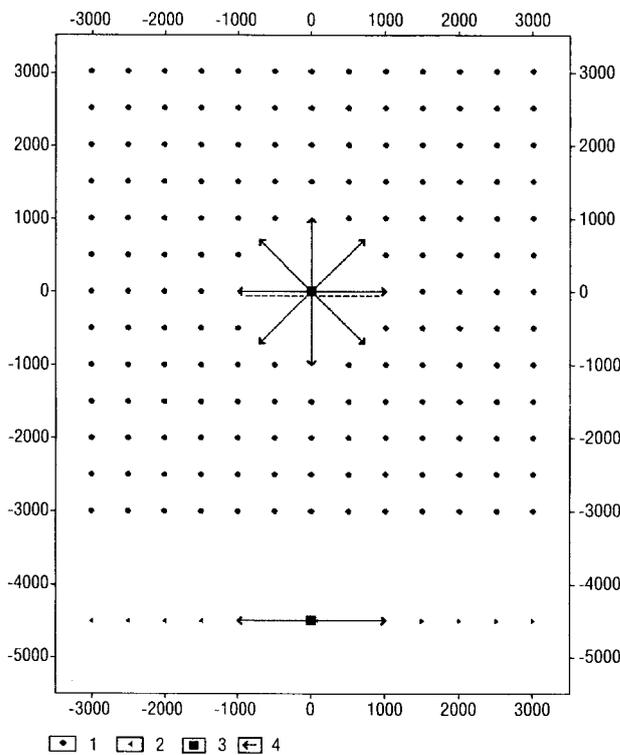


Рис. 1.

Схема проведения работ – КЭД (вверху) и Встречной линией (внизу). 1 – пикеты для измерения сигнала от КЭД. 2 – пикеты для измерения сигнала от встречной линии. 3 – центр генератора. 4 – направление тока

«Нормальное» поле на дневной поверхности представлено радиальной компонентой электрического поля и обладает высокой чувствительностью к слоям с высоким удельным сопротивлением и к поляризуемости среды.

Итак, ЗВТ-М дает нам детальную площадную информацию о распространении углеводородов в земле. Однако метод довольно дорог, это касается аппаратуры и реализации плотных наблюдений. Применять его следует целенаправленно. Весьма желательно предварять его профильными наблюдениями, ориентированными тем не менее на поиски нефти, например использовать какую-либо модификацию ЗС-ВП. Это также, кстати, верифицирует нетрадиционные результаты ЗВТ-М.

Как уже говорилось, установки *ABMN* и *ABMON* имеют недостатки при проведении работ, особенно на небольших месторождениях, недостатки, в сущности, связанные с неэффективностью линии АВ

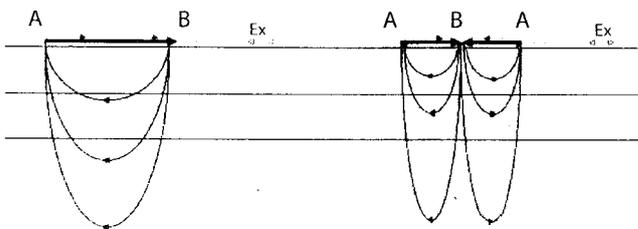


Рис. 2.

Схематичное изображение токов, протекающих в среде при работе с линией АВ (слева) и при работе со встречной линией или КЭД (справа)

как источника. Необходимо на физическом уровне компенсировать влияние вмещающей среды и чисто электродинамический процесс. Нам помог опыт работы с КЭД (в котором такая компенсация почти абсолютна), и мы знали о чувствительности сигнала радиальной электрической компоненты к параметрам поляризации среды. Если попытаться сделать источник поля более мобильным, но при этом сохранить значительную часть свойств поля КЭД, то получится интересный вариант, как показано на рис. 2. Здесь приведено схематичное изображение токов, протекающих в среде при работе с линией АВ (слева) и при использовании двух линий, включенных навстречу друг другу (справа). Если исходить из КЭД, то мы используем только две линии, лежащие на одной прямой, из 8 линий КЭД. Мы подчеркнули пунктиром линии КЭД вдоль оси X на рис. 1, из этих линий можно составить новый источник. Источник, состоящий из двух горизонтальных линий с одинаковым током, включенным навстречу друг другу, мы назвали встречной электрической линией (соответствующая приемно-питающая установка *ABAMN*), а метод, соответственно, зондирования встречными линиями (ЗВЛ). Итак, встречная линия замечательна тем, что при сохранении (до некоторой степени) компенсирующих свойств поля, возникающего в среде при возбуждении его КЭД, позволяет проводить профильные работы. На новый источник был получен патент [1]. По сравнению с классической установкой *ABMN* установка со встречной линией гораздо чувствительнее к параметрам поляризации. По сравнению с *ABMON* (как в методе ДНМЭ) встречная линия позволяет получать более локализованные измерения, сигналы меньше подвержены шумам. ЗВЛ, таким образом, составил второй элемент нашего комплекса.

Также как и для интерпретации данных в ДНМЭ или в более традиционных модификациях с установкой *ABMN*, для интерпретации полевых данных ЗВЛ можно использовать одномерные модели поляризуемой среды на основе формулы Cole-Cole. При этом нам нужны данные о распределении УЭС, которые мы получаем по результатам зондирования становлением (ЗС). Для интерпретации данных ЗВЛ мы применяли широко распространенные программы семейства «Подбор» для различных типов источников и программу «Выбор-ЗС» [5].

Помимо одномерного моделирования мы применяем и трехмерные подходы. Использовались процедуры решения прямой задачи на основе борновского приближения, которые входят в программы семейства «Подбор», а также программы сторонних разработчиков с использованием метода конечных элементов.

ЗВЛ предполагает профильные работы, а ЗВТ является площадным методом, что и определяет технологию работ. На первом этапе рационально проводить работы с использованием встречной линии по профильным технологиям. На втором этапе в местах, где отмечено повышение параметра поляризуемости, устанавливать КЭД и проводить полноценную работу методом ЗВТ-М для получения контуров залежи на местности, тем более что комплекс работ

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

Помимо технологических и экономических преимуществ есть еще очень важная особенность предлагаемого комплекса. При проведении работ методами ЗВТ-М и ЗВЛ мы получаем контуры залежи по двум различным электродинамическим характеристикам среды, притом относящимся именно к присутствию углеводородов:

1) повышенной поляризации среды по модели Cole-Cole на основании работ ЗВЛ;

2) эпигенетическим изменениям среды, к которым чувствителен метод ЗВТ-М.

Изменение сигналов в методах ЗВТ-М и ЗВЛ над залежью углеводородов обусловлены изменениями различных электродинамических параметров среды. Это подтверждено трехмерным математическим моделированием. Сигналы ЗВТ-М не объясняются аномалиями сопротивления или параметров ВП. Здесь работает другой механизм, как мы уже говорили выше. В то же время сигналы ЗВЛ хорошо укладываются в признанную теорию увеличения поляризуемости над залежью углеводородов [7, 9].

Ну и наконец о зондировании становлением – методе, которым изучают распределение удельного сопротивления среды. Мы также включаем методы ЗС в наш комплекс. Несмотря на то, что распределение удельного сопротивления среды не рассматривается как самостоятельный результат, полезный для определения наличия залежей углеводородов, мы нуждаемся в этой информации. При интерпретации данных работ ЗВЛ и ЗВТ-М мы используем распределение удельного сопротивления в среде.

Если такие данные не предоставляются заказчиком, то мы проводим работы ЗС сами, например используя установку *AB-q*. Как именно мы используем информацию об удельном сопротивлении среды, мы опишем ниже.

### Сравнение результатов моделирования для классической установки АВМН и установки АВМН – со встречной линией

Приведем результаты компьютерного моделирования сигналов для установки *ABMN* и установки *ABAMN*. Обратим внимание на чувствительность сигналов к изменению поляризуемости среды. Расчеты проводились для 5-слойной модели. Сравним сигналы при изменении поляризуемости с 0 на 5, 15, 30 процентов. Параметры модели приведены в табл. 1.

Таблица 1. Среда, используемая для моделирования

Номер слоя	Удельное сопротивление (Ом*м)	Мощность слоя ( м )	Поляризуемость(%)	Время релаксации (сек)	Степень в модели Cole-Cole
1	20	500	0	0	0
2	10	500	0/5/15/30	0.1	0.5
3	100	700	0	0	0
4	3	200	0	0	0
5	10000000		0	0	0

Среда, для которой проводилось моделирование, является характерной для того района Татарстана, в котором мы проводили работы. Результаты работ в Татарстане мы обсудим ниже. Далее мы

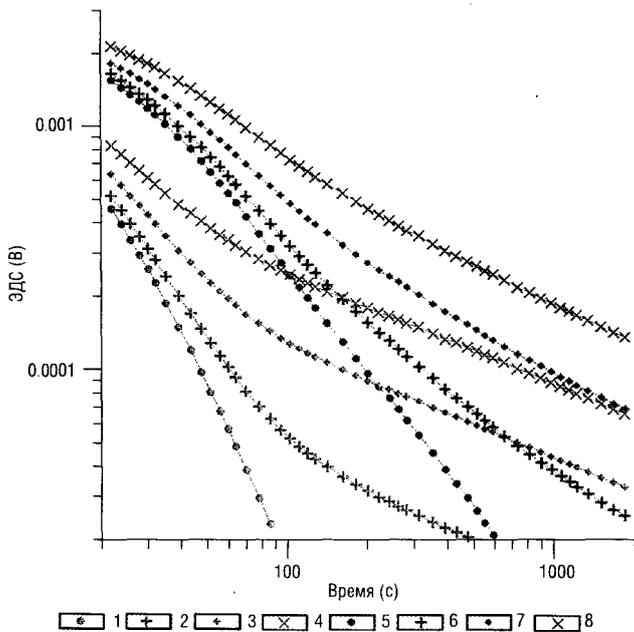


Рис. 3.

Измеряемые сигналы при разной поляризуемости. АВМН: 1-0%, 2-5%, 3-15%, 4-30%, АВМН: 5-0%, 6-5%, 7-15%, 8-30%

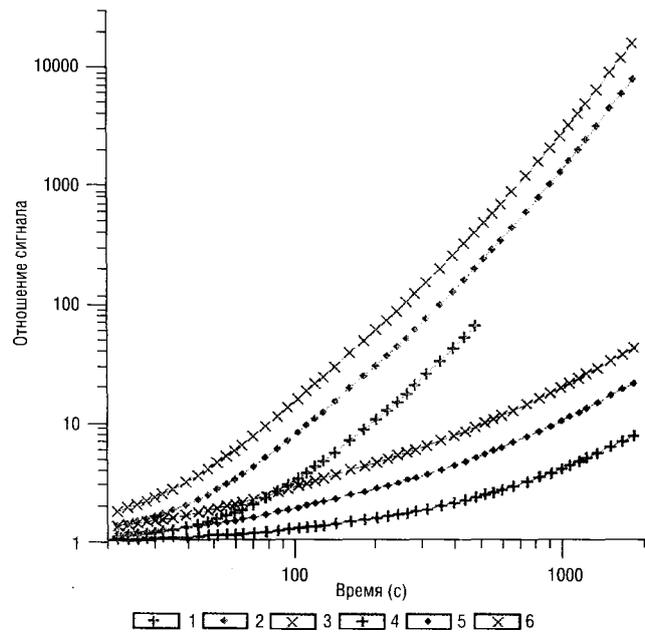


Рис. 4.

Отношение сигнала для среды с вызванной поляризацией к сигналу для среды без вызванной поляризации. АВМН: 1-5%, 2-15%, 3-30%, АВМН: 4-5%, 5-15%, 6-30%

будем ориентироваться на реальные параметры установки, которые мы использовали в этой работе, и на реальные возможности генераторной и измерительной техники, запротоколированные при проведении данных работ. Используем реальные параметры среды, которые мы получили в ходе проведения этих работ.

Мы приняли для расчетов длину линии АВ – 1500 м, длину линии АВА (встречной линии) 1500 м (что определилось диаметром КЭД – 1500 м, элементы которого мы и использовали в реальной работе). Ток в линиях составлял 20 А. Измерительная и генераторные линии находятся на одной прямой, расстояние между центрами генераторной и приемной линий 1500 м. Длина приемной линии 100 м. Наша аппаратура на данной площади проведения работ уверенно измеряла сигнал в линии MN до уровня 10 мкВ (сигнал  $\partial B_z / \partial t$  мы измеряли до уровня 0,5 мкВ). Для построения графиков мы отобрали сигналы в два раза большие этого порога, а именно сигналы больше 20 мкВ. Для расчетов использовалась универсальная программа «Выбор-ЗС».

На рис. 3 приведены ЭДС для установок АВМN и АВАМN. Расчеты проводились для 4 сред с поляризацией (по Cole-Cole) 0, 5, 15, 30%. На рис. 4 приведено отношение сигнала для среды с поляризацией к сигналу для среды без поляризации для установок АВМN и АВАМN. Результаты приведены для трех сред, в которых поляризация принимает значение 5, 15, 30%. На рис. 4 не приведены различия в сигналах, если сам сигнал менее 20 мкВ, поэтому часть кривых короче остальных.

По результатам проведенного моделирования можно заключить следующее.

Абсолютная величина сигнала при работе с установкой АВМN больше, чем при работе с установкой АВАМN.

Изменение поляризации с 0 до 30% при работе с установкой АВМN изменяет сигнал на поздних временах примерно в 10 раз. Изменение поляризации с 0 до 30% при работе с установкой АВАМN изменяет сигнал примерно в 10000 раз (в 1000 раз сильнее).

Иногда, исходя из общих соображений, говорят о КЭД и, видимо, будут говорить о встречной линии, что мы подавляем свой же сигнал. На самом деле в этих установках подавляется только индуктивная (TE) часть сигнала, и сигнал теперь определяет ТМ-отклик [4]. Несмотря на то, что при использовании ТМ-поля измеряемый сигнал меньше, его чувствительность к важным для нас параметрам среды больше в 100–1000 раз. На наш взгляд, эта ситуация предпочтительнее.

Мы можем измерять в районах с большим уровнем помех при работе с установкой АВАМN, чем с установкой АВМN, т.к. разница в сигнале из-за изменения поляризации среды в несколько раз больше.

При работе со встречной линией очень быстро мы начинаем измерять сигналы, обусловленные только влиянием параметров ВП, т.е., другими словами, эффективно подавляем сигнал, не обусловленный параметрами ВП, на физическом уровне (в процессе возбуждения).

При работе с установкой АВАМN мы можем измерять более короткие сигналы, что позволит нам увеличить скорость проведения работ (удешевить работу) или позволит измерять более точно (увеличить количество измеряемых дублей).

Мы должны заметить для справедливости, что на теоретических одномерных моделях для установки АВМОН (ДНМЭ) мы получили бы такой же результат. Но такие теоретические расчеты и работа в поле – очень разные вещи. Встречная линия обладает новым принципиальным новшеством – компенсацией индуктивного переходного процесса на физическом уровне. Мы считаем, что подавление сигнала на уровне установки гораздо эффективнее в плане качества измерений, чем измерение разности сигналов длинными измерительными линиями и дальнейшая их обработка математическими методами.

### Пример комплексного исследования сейсмического поднятия методами ЗВЛ, ЗВТ-М и ЗС

Работы проводились ООО «Научно-техническая фирма ЗаВеТ-Гео» 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*. Этот этап мы рассматривали как предварительный, необходимый для полноценной обработки результатов методов ЗВТ-М и ЗВЛ. Работы были проведены вдоль одного профиля, который пересекал исследуемое поднятие и известное месторождение. Точки измерения  $\partial B_z / \partial t$  при работе методом ЗС совпадали с точками измерений электрического градиента  $E_x$  при последующей работе со встречными линиями (рис. 5). При определении мощностей слоев мы использовали данные сейсморазведки. Зондирование становлением необходимо нам для: а) создания послойной вмещающей модели для 3-мерного моделирования; б) создания послойной вмещающей модели для расчета остаточного поля КЭД. Остаточное поле мы рассчитываем для определения достоверного диапазона времен ЗВТ-М; в) создания горизонтально-слоистых моделей среды перед началом интерпретации данных ЗВЛ с учетом параметров ВП. В качестве удельного сопротивления и мощности слоев при интерпретации работ ЗВЛ использовались модели среды, полученные на этом этапе работ.

2. Методом зондирования встречными линиями. Точки измерений  $E_x$  от встречных линий совпадали с точками измерений установкой АВ-*q* (рис. 5). Точки, в которых проводились измере-

ния, 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 *AB-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. При проведении данных работ мы применяли зондирующую установку, состоящую из восьми стабилизаторов тока GTE-10с, сетевого блока питания, блока управления и девяти блоков балластных резисторов. Измерительные комплекты состояли из измерителей «Цикл 7» для измерения компоненты  $\partial B_z / \partial t$  и измерителей «Цикл ВП2» для измерения электрической компоненты электромагнитного поля. Эта аппаратура является составной частью аппаратуры серии «Цикл».

Аппаратура серии «Цикл» более 15 лет выпускается фирмой «Научно-техническая компания ЗаВЕТ-Гео». На сегодняшний день фирма выпустила несколько сотен комплектов аппаратуры, что является свидетельством того, что это один из самых качественных комплексов для проведения работ ЗСБ-МПП-ЗС. Кроме того, это очень гибкий комплекс измерительной и генераторной аппаратуры – все три метода мы отработали, используя один комплект аппаратуры.

На рис. 5 отражены результаты работ ЗВТ-М в виде изолиний сигнала на времени 55,7 мс. Зелеными точками обозначен профиль, вдоль которого проводились измерения ЗС (*AB-q*) и ЗВЛ. Расстояние между точками измерений было 375 м. Известное нефтяное месторождение находится южнее нефтепровода, обозначенного фиолетовым цветом. В зону измерений попали 4 скважины и одна буровая. Скважины 1, 2, 3 с дебитом более 20 куб. м в сутки и скважина 4 с дебитом 2 куб. м в сутки. Исследуемое сейсмическое поднятие и лицензионный участок находились северо-восточнее КЭД. На лицензионном участке сетка наблюдений ЗВТ-М была 150 x 300 м. Над известной нефтяной залежью сетка наблюдений ЗВТ-М была в 10 раз реже – примерно 500 x 700 м. На рис. 5 схематично изображены сразу несколько генераторов. Линия АВ (часть установки КЭД), используемая нами для метода ЗС (в виде *AB-q*), обозначена светло-зеленым. Две из пяти линий АВА, используемых нами для ЗВЛ, изображены темно-фиолетовым.

Опыт проведения работ ЗВТ-М показывает, что зоны нефтенасыщения отмечаются положительным сигналом (на карте красный цвет) [2, 4, 6]. Скважины 1, 2, 3 с дебитом более 20 куб. метров в сутки находятся в зоне уверенного положительного сигнала, скважина 4 с дебитом 2 куб. метра в сутки находится в зоне малого положительного сигнала. К огорчению заказчика работ, лицензионный участок (обследуемое сеймоподняние) попал в зону отрицательного сигнала, что свидетельствует об отсутствии углеводородов. Так как сеть наблюдений над известной нефтяной за-

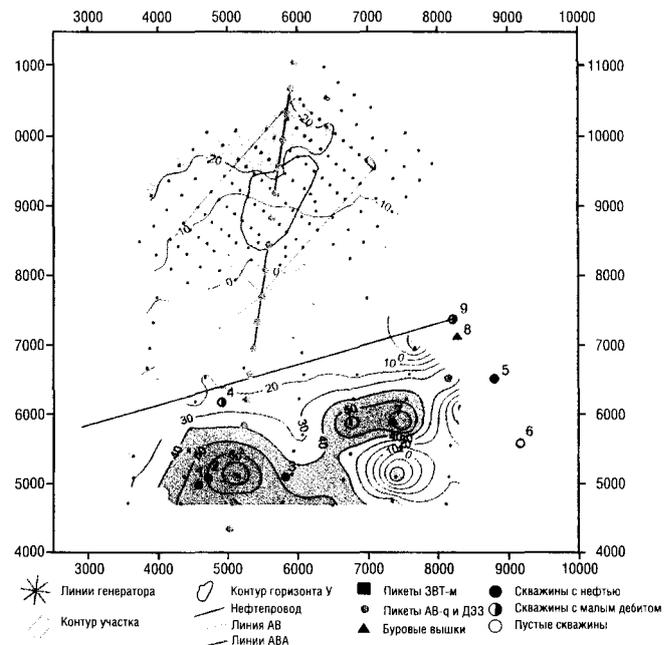


Рис. 5.

Результаты работ ЗВТ-М на времени 55,7 мс. Зелеными точками обозначен профиль, вдоль которого с шагом 375 м проводились измерения *AB-q* и *ABMN*

лежью была слишком редкая для метода ЗВТ-М, то карта южнее нефтепровода получилась недостаточно полной (рис. 5).

На рис. 6 построен вдоль профиля параметр поляризации, полученный по результатам 1D-инверсии данных ЗВЛ. Удельные сопротивления и мощности слоев получены по результатам работ установкой *AB-q*. Мы отнесли весь эффект ВП ко второму слою и при этом условии подбирали разрезы. Координаты, указанные на графике, смещены от точки измерения к центру установки *ABMN* на 1/3 расстояния между точкой измерения и центром соответствующей установки. На графике видно, что при смещении по профилю на юг происходит увеличение параметра поляризации в 7–10 раз. На рис. 6 внизу схематично изображены расположения скважин 1, 2, 3, 4. Рис. 6 показывает, что данные ЗВЛ согласуются с данными ЗВТ-М и с априорными данными. На севере, там, где находится изучаемый объект, параметр поляризации мал, что свидетельствует об отсутствии углеводородов. Напротив, на юге, там, где находится известное нефтяное месторождение, параметр поляризации большой, что свидетельствует о наличии углеводородов. Объяснить измеренные сигналы ЗВЛ изменением удельного сопротивления среды невозможно. Интерпретация результатов работ установкой *AB-q* демонстрирует изменение суммарной проводимости разреза вдоль профиля не более чем на 10%, при этом сигнал при работе идентичными установками ЗВЛ изменяется в 10 раз, что, конечно, невозможно объяснить таким малым изменением проводимости.

На рис. 7 совмещены площадные результаты работ ЗВТ-М на времени 32,2 мс и полоса

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

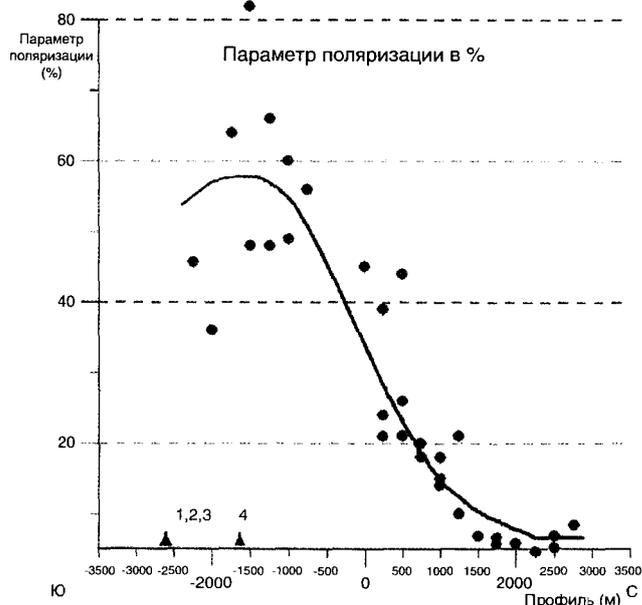


Рис. 6.

Параметр поляризации, полученный по результатам 1D-инверсии данных ЗВЛ

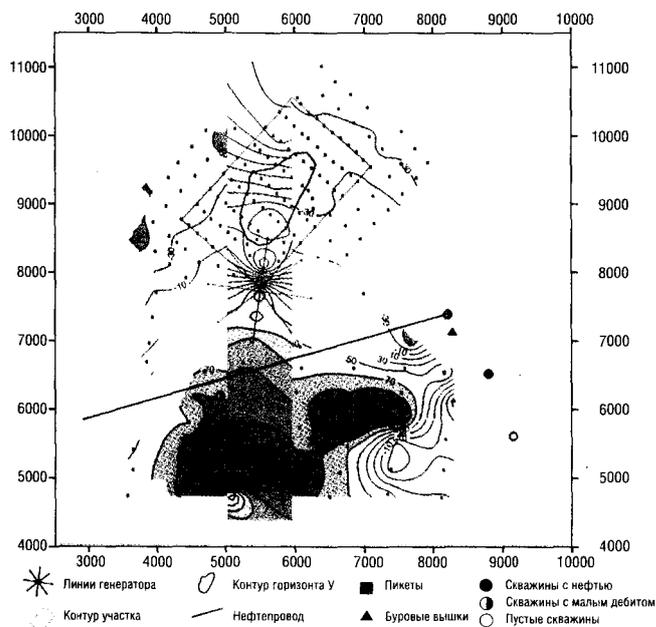


Рис. 7.

Площадные результаты работ ЗВТ-М на времени 32,2 мс и полоса изолиний параметра поляризации, отстроенная вдоль профиля измерения сигнала ЗВЛ

изолиний параметра поляризации, отстроенная 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.

Комплекс работ различными методами электроразведки позволяет изучить различные электродинамические параметры среды, а 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, но контуром ореольных изменений геосреды над залежью. Эта информация очень ценна, но дальнейшая интерпретация (распределение по глубине) затруднена из-за неясности природы сигнала. Обратим внимание, что 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-г 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 аппаратном плане. Вся аппаратура, необходимая для ЗВЛ и ЗС, является частью и элементами аппаратуры ЗВТ. Сообща используются и элементы приемно-питающих установок.

Предлагаемый и опробованный нами новый метод ЗВЛ, как метод ВП, обладает серьезными преимуществами по сравнению с традиционными методами и даже, на наш взгляд, по сравнению с ДНМЭ.

## Литература

1. *Балашов Б.П., Могилатов В.С.*, 2012, Устройство для геоэлектроразведки. Патент на полезную модель №113025.
2. *Балашов Б.П., Мухамадиев Р.С., Могилатов В.С., Андреев Д.С., Злобинский А.В., Шишкин В.К., Стогний В.В.*, 2011, Оконтуривание залежей углеводородов с использованием зондирований вертикальными токами: Геофизика, 1, 61–66.
3. *Могилатов В.С.*, 1992, Круговой электрический диполь новый источник для электроразведки // Изв. РАН. Сер. Физика Земли. 6. 97–105.
4. *Могилатов В.С., Балашов Б.П.*, 2005, Зондирования вертикальными токами: Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО».
5. *Могилатов В.С., Захаркин А.К., Злобинский А.В.*, 2007, Математическое обеспечение электроразведки ЗСБ. Система «Подбор», Новосибирск, Академическое изд-во «ГЕО».

6. *Могилатов В.С., Мухамадиев Р.С., Балашов Б.П., Смоленцев В.В., Феофилов С.А., Темирбулатов Ш.С., Попов В.В.*, 2003, Результаты работ по оконтуриванию залежей нефти в Татарстане методом зондирований вертикальными токами: Геофизика, 5, 47–54.

7. *Мусеев В.С.*, 2002, Метод вызванной поляризации при поисках нефтеперспективных площадей: Новосибирск, Наука.

8. *Helwig S.L., Mogilatov V.S., Balashov B.P.*, 2010, The use of a circular electrical dipole source in hydrocarbon exploration: SEG.

9. *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.

РЕЦЕНЗЕНТ – доктор технических наук  
И.А. Безрук

## ОБ АВТОРАХ

## МОГИЛАТОВ

Владимир Сергеевич

Главный научный сотрудник лаборатории геоэлектрики Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, доктор технических наук, профессор кафедры геофизики НГУ.

Область научных интересов – физико-математические основы геоэлектрики с контролируемыми источниками. Автор около 100 научных работ (4 монографии, 12 изобретений).



## ЗЛОБИНСКИЙ

Аркадий Владимирович

Ведущий программист Научно-технической компании «ЗаВеТ-Гео», кандидат технических наук, окончил физический факультет Новосибирского государственного университета в 1992 г. Область интересов –

обработка и интерпретация результатов электромагнитных зондирований. Автор 10 научных работ (1 монография).

