

Зондирование вертикальными токами

— ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ НА НЕФТЬ И ГАЗ

ТРАДИЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ПОКА СУЩЕСТВЕННО УСТУПАЮТ СЕЙСМИЧЕСКИМ ВВИДУ БЫСТРОГО ЗАТУХАНИЯ ПОСЫЛАЕМОГО СИГНАЛА С ГЛУБИНОЙ ЗОНДИРОВАНИЯ, А ТАКЖЕ БОЛЬШИМ ВКЛАДОМ В ОТРАЖЕННЫЙ СИГНАЛ ФОНА ОТ ВМЕЩАЮЩЕЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ. МЕТОД ЗОНДИРОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ТОКАМИ (ЗВТ) В ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ СТЕПЕНИ СВОБОДЕН ОТ НЕДОСТАТКОВ ОБЫЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ, ЧТО, ПО МНЕНИЮ АВТОРОВ, СОЗДАЕТ НОВУЮ СИТУАЦИЮ В ДАННОЙ ОБЛАСТИ. РЕЗУЛЬТАТЫ ПЛОТНЫХ ПЛОЩАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ФИКСИРОВАННОМ МОЩНОМ ИСТОЧНИКЕ И ПРИ СНИЖЕННОМ ФОНОВОМ ВЛИЯНИИ ПОЗВОЛЯЮТ СЧИТАТЬ МЕТОД ЗВТ ВЕСЬМА ПЕРСПЕКТИВНЫМ ДЛЯ ПОИСКА УГЛЕВОДОРОДОВ КАК НА СУШЕ, ТАК И НА ШЕЛЬФЕ.

В геофизических методах зондирования так или иначе используются все известные физические поля, в том числе и электромагнитные (ЭМ). С применением технологий разведки полезных ископаемых на основе ЭМ-поля всегда связывались большие ожидания, поскольку именно эти поля внесли определяющий вклад в решение проблем коммуникации, навигации и локации в воздушном и космическом пространстве. Именно ЭМ-поле позволяет нам сегодня видеть яркую картинку из любой точки земного шара на экране телевизора. И вполне естественным является желание таким же образом увидеть внутреннее строение Земли.

Однако пока геофизики не в состоянии дать такую картинку, поскольку с распространением и отражением ЭМ-излучения в глубинах недр имеются определенные трудности. По естественным физическим причинам на нужную для исследования глубину проникают только низкочастотные, самые медленные ЭМ-поля. Это обусловлено тем, что земля, а тем более морская вода, являются проводниками электрического тока, поэтому переменное

ЭМ-поле, проникая в проводящую толщу, неизбежно индуцирует электрический ток, который обращает энергию поля в тепло, и параметры поля быстро затухают с глубиной. И чем большую частоту имеет первичное ЭМ-поле, тем на меньшую глубину оно проникнет. Именно поэтому, к примеру, оперативная связь с погруженной подводной лодкой остается огромной проблемой.

Периодически появляется информация о разработке якобы принципиально новых методов глубинных геофизических исследований, в которых используются высокочастотные ЭМ-поля. Вопреки законам природы, «первооткрыватели» предлагают легко и быстро просканировать недра земли локаторами и даже радарными прямо с летательных аппаратов и без затей указать все подземные сокровища. Ясно, что подобные предложения в лучшем случае поступают от невежд, в худшем — от мошенников.

Тем не менее существуют реальные направления, двигаясь по которым можно повысить эффективность электроразведки, основанной на регистрации электромагнитного отклика от глубинных структур.

Недостатки традиционных методов электроразведки

Серьезное глубинное ЭМ-зондирование недр возможно либо с использованием природных медленных (магнитотеллурических) волн, либо с применением искусственных мощных возбуждающих установок — источников ЭМ-поля. Если речь идет о проникновении на глубины в километры, что необходимо для разведки нефтегазовых объектов, то периоды такого воздействия должны измеряться в секундах. Возбудив толщу пород до нужной глубины, мы неизбежно возбуждаем и огромную окрестность вокруг точки зондирования. Измеряя отклик земной среды на это возбуждение, мы имеем вклады от всех областей возбужденной среды. Так устроены традиционные методы электроразведки.

Если целью зондирования является общее распределение проводимости, то традиционные методы прекрасно с этим справляются. Но если в этой толще нужно исследовать локальный «слабый» объект, то выделение отклика именно от него из суммарного отклика является большой проблемой. В этом — слабость традиционных методов.

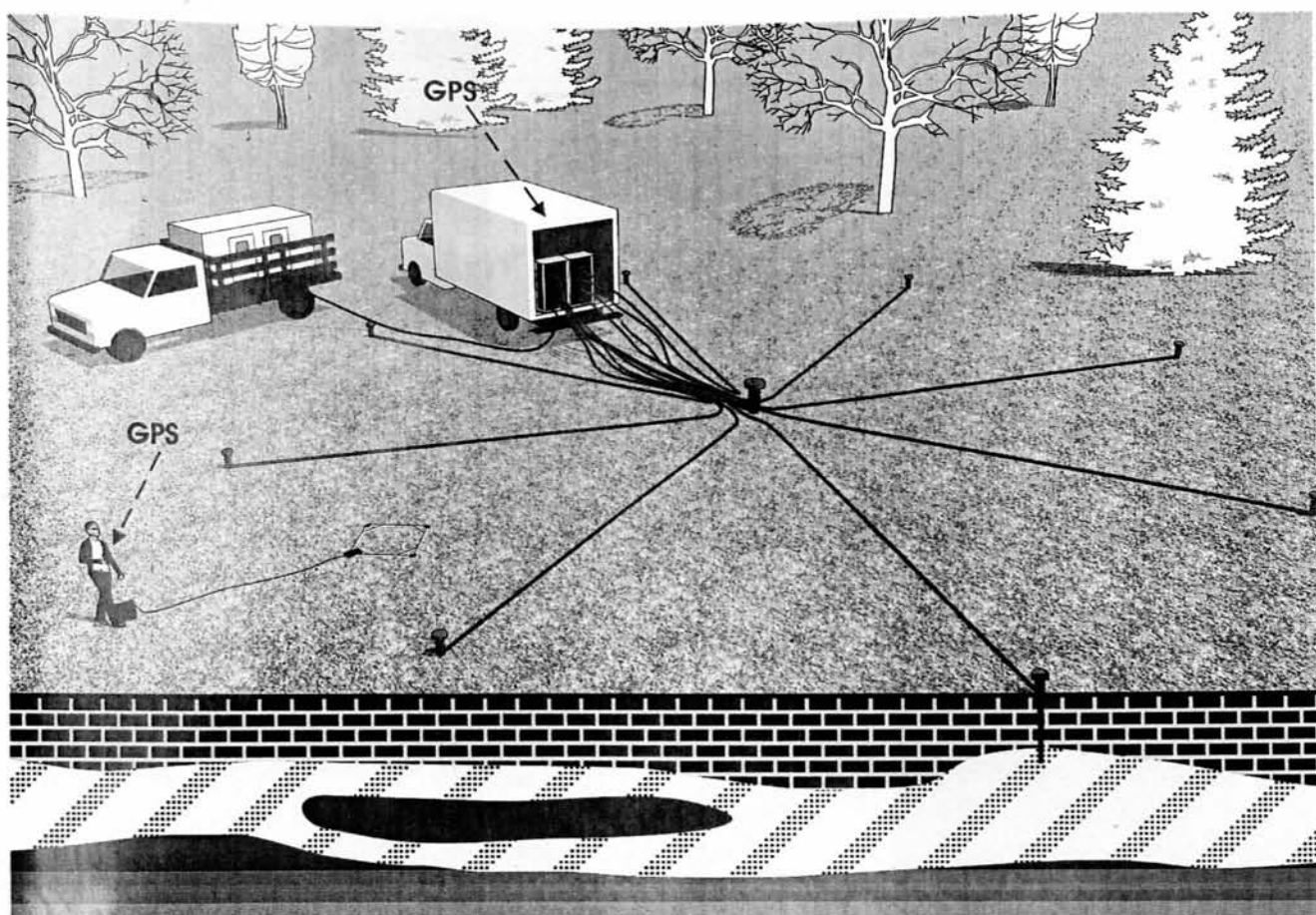


РИС. 1. ОБЩАЯ СХЕМА МЕТОДА ЗВТ

Законы электродинамики не позволяют использовать высокие частоты в глубоких зондированиях земли. Именно поэтому электроразведка уступила в историческом соревновании с сейсморазведкой, использующей акустические поля, принципы которой описываются категориями геометрической оптики и позволяют детально описывать структуры. Но отнюдь не все возможности электроразведки исчерпаны полностью.

Необходимо взглянуть на проблему с другой стороны. Да, мы не можем угнаться за сейсморазведкой в детальных структурных построениях, но ведь сейсмика мало что рассказывает о вещественном составе среды. Связь с веществом посредством параметра скорости акустической волны является или слабой, или крайне неоднозначной. Природа ЭМ-поля совсем другая и очень тесно связана с веществом, которое, в сущности, есть заряженные частицы и поля, их связывающие. Поэтому взаимодействие внешнего ЭМ-поля и геологической среды — богатое и информативное. Только следы этого взаимодействия теряются в обобщенном отклике, который регистрируется в традиционных методах.

Основы нового метода зондирования

В новом методе предпринята попытка по-иному организовать структуру разогрева-возбуждения большого объема геологической среды (что неизбежно в глубоких зондированиях) — таким образом, чтобы получаемый отклик не содержал лишнего. Это можно сделать с помощью специального источника.

ричные токи в тороидальную систему. Как известно из школьного курса физики, тороидальная катушка не имеет магнитного поля вне себя. Поэтому при таких зондированиях на поверхности земли мы не имеем магнитного поля-отклика, если исследуемый участок имеет «правильную», горизонтально-слоистую структуру. С теоретической точки зрения речь идет об использовании хорошо известной попереч-

РЕГИСТРАЦИЯ СИГНАЛА ПРИ ЗОНДИРОВАНИИ МЕТОДОМ ЗВТ ВЕДЕТСЯ НЕСКОЛЬКИМИ ПОДВИЖНЫМИ ГРУППАМИ ОПЕРАТОРОВ, ЧТО СОЗДАЕТ НОВУЮ СИТУАЦИЮ В ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКЕ

Обычный источник — электрическая линия, заземленная по концам. Мы предлагаем использовать набор таких линий (до 8), расположив их радиально и симметрично относительно центральной точки. Получается некий «паук», который подает в землю серии токовых импульсов амплитудой до 160 А.

Такой источник (круговой электрический диполь — КЭД) «закручивает» вто-

но-магнитной (ТМ) поляризации ЭМ-поля; мы придумали только оригинальный наземный источник такого поля. Отклик появляется и регистрируется в случае какого-либо нарушения из-за наличия локального объекта, например нефтяной залежи.

На рис. 1 представлена схема метода зондирования вертикальными токами (ЗВТ). Надо понимать, что размер (радиус) источника может измеряться километра-

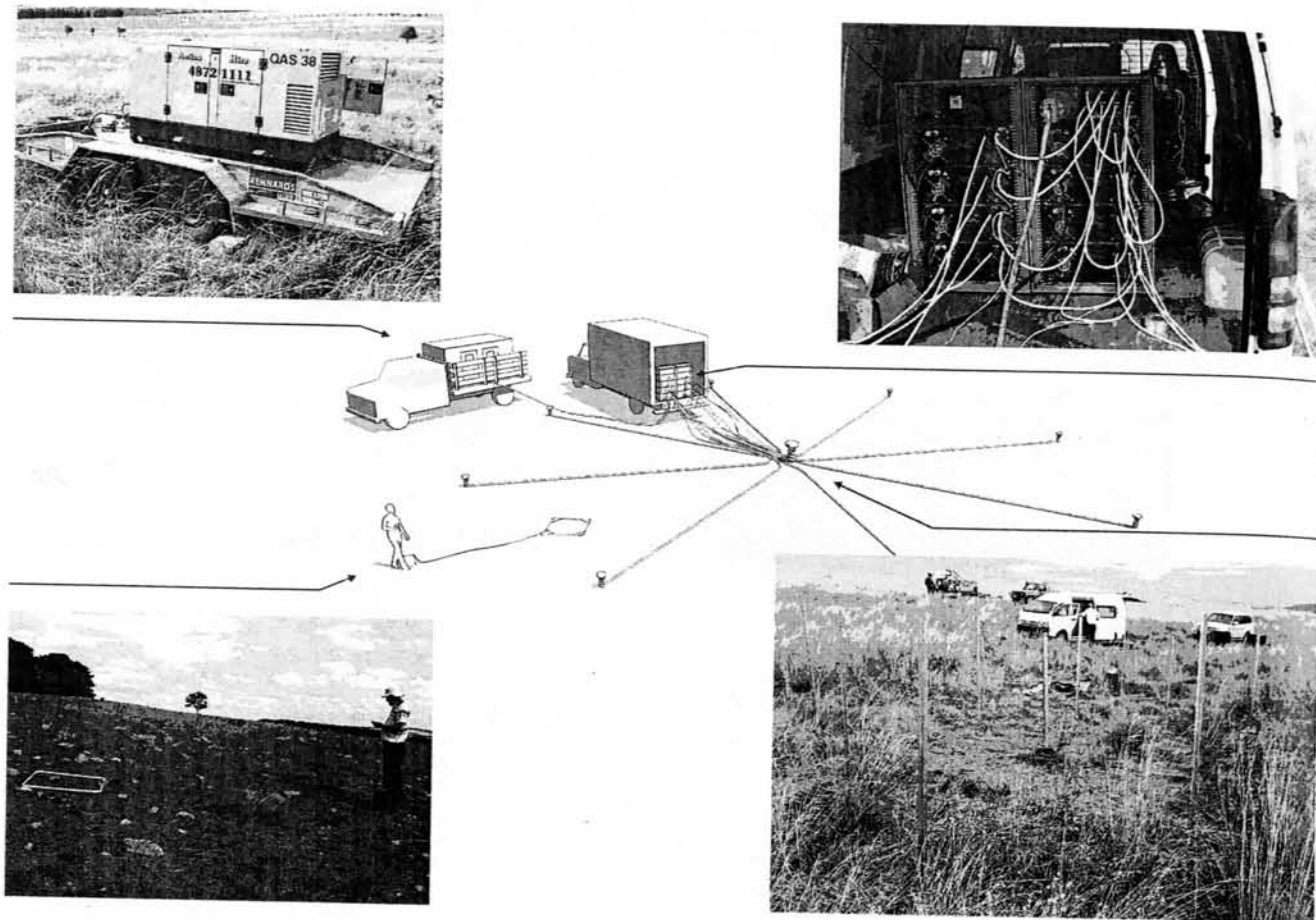


РИС. 2. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИИ

ми, а площадь исследований — сотнями квадратных километров при глубине исследований до нескольких километров. Процесс регистрации площадного сигнала включает оперативные измерения магнитного и электрического откликов несколькими группами операторов с при-

менением средств передвижения, включая вертолеты (рис. 2).

Преимущества метода ЗВТ

Применение предлагаемого источника и метода ЗВТ создает новую ситуацию в электроразведке. Широкие, но плотные

площадные исследования при фиксированном мощном источнике, свободные от фонового, суммарного поля, дают возможность проследить тонкие латеральные изменения проводимости в георазрезе. Т. е. появляется возможность лучше решать традиционную задачу электроразведки.

В принципе, это не опровергается оппонентами. Они лишь указывают на обычные электроразведочные «страшилки»: а не «метод ли это чистой аномалии», а каково влияние рельефа, а геологические помехи и т. д. Такие опасения забавны, потому как метод электроразведки, в котором рельеф (и геологическая помеха) «не влияет», без сомнения, просто груб.

Большое значение метода ЗВТ в другом. Убрав фон, будто мутное темное стекло, мы выявляем новые геоэлектрические эффекты, неизвестные в традиционных методах или только подозреваемые ими. Самым значительным, например, является четко выделяемый эффект «ореола» над залежами нефти, что позволяет говорить о прямых поисках углеводородов. Именно благодаря этому феномену мы успешно оконтурили ряд залежей в Татарстане и других регионах мира.

РИС. 3. РАБОТЫ НА НЕФТЬ. ПЛОЩАДНЫЕ СИГНАЛЫ ЗВТ



В работах на нефть получена серия результатов одного типа. Площадные сигналы ЗВТ

На рис. 3 представлены некоторые результаты. Площадной сигнал ЗВТ своим рельефом (красные зоны — положительные значения сигналов) указывает на залежи и сопутствующие им зоны миграции углеводородов. Эти результаты верифицированы сопоставлением с другими методами разведки (особенно интересно — с данными геохимических исследований на поверхности), а также с бурением.

Нам совершенно ясно, что площадной сигнал ЗВТ в основном обязан своим существованием ореольным изменениям над залежами нефти. Это очень тонкий эффект, природа которого еще только проясняется (по-видимому, важную роль в нем играет и магнитное поле Земли). Можем пока сказать, что он в высокой степени связан с вещественным составом среды и позволяет считать его использование прямым методом поиска углеводородов. Во всяком случае, он помог подтвердить или опровергнуть перспективность некоторых объектов (поднятий), предлагаемых сейсмикой.

Можно констатировать, что теперь электроразведка в лице ЗВТ, вовсе не конкурируя с сейсморазведкой, очень существенно дополняет ее информацией о вещественном составе среды и, в частности, о наличии и распространении даже слабых следов углеводородов.

Эффективность метода ЗВТ

Метод ЗВТ довольно широко опробован на рудных и нефтегазовых объектах. Так, в Татарстане уже несколько лет результаты ЗВТ принимаются геофизиками и геологами в качестве данных для уточнения зон распространения углеводородов.

Велик интерес к методу и за рубежом. Мы побывали с данным методом в Австралии, где определяли рудное месторождение, и в ряде других стран. Намечено использование метода ЗВТ в экологическом проекте в США (штат Вайоминг) в целях мониторинга закачки углерода под землю. В настоящее время готовится ряд проектов с широким внедрением ЗВТ. Необходимо отметить, что на метод ЗВТ получено шесть российских патентов и два патента США.

Подтверждено на практике, что применение ЗВТ позволяет повысить эффективность разведочного бурения. Известно, что как минимум треть поисково-разведочных скважин бурится впустую. При этом, кроме финансовых потерь надо учитывать и потери экологические, ведь каждая пробуренная скважина, независимо от результата бурения, наносит значительный ущерб окружающей среде. Поэ-

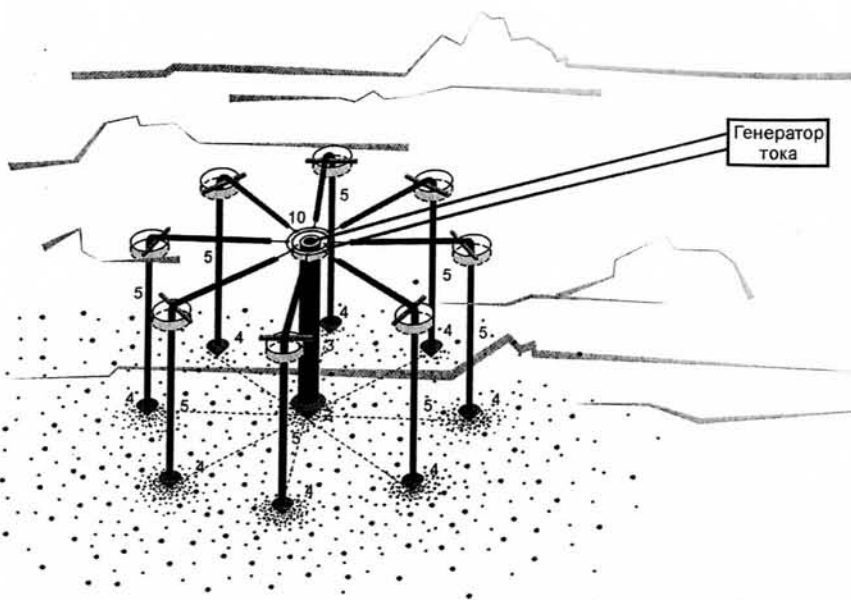


РИС. 4. ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА МЕТОДОМ ЗВТ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО ЛЬДА

тому встает вопрос о включении ЗВТ в комплекс поисковых и разведочных работ, предшествующих бурению. С учетом высокой стоимости сейсмических работ возможно применение ЗВТ на первом этапе поисковых работ, например, в комплексе с геохимией.

Дальнейшее развитие метода видится в совершенствовании интерпретационного программного обеспечения, в создании более мощных зондирующих установок, которые позволят с одной точки зондирования опознавать более

Мы в этом случае предлагаем ЗВТ, по крайней мере, по двум причинам. Это реальная площадная технология с фиксированным источником и глубокая компенсация вмещающей среды, включая толщу морской воды. Как показано на рис. 4, можно расположить линии (лучи) КЭД на поверхности льда и заземлить их в морскую воду, пробуравив для этого отверстия во льду. Для большего ослабления экранирующего действия слоя морской воды предлагается центральный питающий электрод, подключаемый к одно-

НА ПРАКТИКЕ ПОДТВЕРЖДЕНО, ЧТО ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЗВТ ПОЗВОЛЯЕТ ПОВЫСИТЬ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗВЕДОЧНОГО БУРЕНИЯ НА НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТАХ

100 км², в развитии системы площадных наблюдений (например, регистрация сигналов с летательного аппарата).

Перспективы применения метода на шельфе

В последнее время нефтяные компании проявляют все больший интерес к освоению арктического шельфа. Но многие перспективные районы в Арктике большую часть года покрыты полярными льдами. Выполнение там сейсмических работ будет сопряжено с громадными трудностями.

Если говорить об электроразведке, то традиционные методы в Арктике вряд ли стоит вообще применять — результаты будут весьма скромными на фоне затрат.

му из выходов генератора тока, и внешние питающие электроды, устанавливаемые на дне моря с помощью вертикальных проводных линий. С помощью генератора тока в линии подается импульсный ток заданной амплитуды и длительности.

Измерения сигналов-откликов можно проводить или со снегоходов, или с летательного аппарата. При проявлении целевого объекта в сигнале проводят более детальное исследование на предмет оконтуривания объекта. По результатам измерений строят планы объекта на разных глубинах и геоэлектрические разрезы. Мы описали небольшую часть технологии, которую можно применять и в открытом море. Но это — дело будущего.