

УДК 553.81, 550.837.83

К ВОПРОСУ О ВЫДЕЛЕНИИ И ОТСЛЕЖИВАНИИ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ И КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК ПО ХАРАКТЕРНЫМ ИЗМЕНЕНИЯМ ПРОВОДИМОСТИ В ТОЛЩАХ ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

© 2011 г. Ю.В. Коротков

ЗАО «АПРОСА-Поморье», г. Архангельск, Россия

Практическими примерами электромагнитных наблюдений в Архангельской алмазонасной провинции подтверждается важное значение информации об элементах деструктивных нарушений для поисковых геологических исследований. Сведения о тектонических нарушениях получены при проведении электромагнитного зондирования методом переходных процессов (МПП) по характерным изменениям проводимости, картируемым в виде линейно вытянутых проводящих зон на срезах для различных глубин.

Представлены результаты выделения и отслеживания в осадочных толщах линейных нарушений небольших размеров; проиллюстрированы возможности электроразведки при поисках малококонтрастных рудных тел, погребенных под мощными осадочными толщами; продемонстрирована эффективность использования тектонических нарушений в качестве основного поискового критерия для обнаружения трубок взрыва.

Ключевые слова: тектонические нарушения, кимберлитовая трубка, импульсная электроразведка, метод переходных процессов (МПП), кажущееся электрическое сопротивление, геоэлектрический разрез.

Введение

Интерес к разномасштабным разрывным нарушениям различного происхождения объясняется связью с ними эндогенных рудопроявлений, что делает информацию о распределении этих нарушений в регионах весьма важной для геологических исследований. В большинстве районов породы платформенного чехла секутся системами крупных нарушений первого порядка, дополненных нарушениями меньших размеров. Нарушения первого порядка представлены обычно двумя–четырьмя (реже двумя–тремя) системами трещин, имеющих близкую ориентацию, и резко подчиненными в количественном отношении одной–двумя поперечными системами [Милашев, 1997]. Общая картина распределения трещин платформенного чехла в большей своей части выглядит чрезвычайно сложно. На границе венда и рифея произошли мощные процессы тектонической перестройки, приведшие к активизации систем разломов северо-восточного простирания и формированию в северо-западной части России вендского бассейна осадконакопления с магмопроявлениями. Магматические процессы и, в первую очередь, связанные с ними трубки взрыва кимберлитов и родственных им пород происходили по ослабленным зонам деструктивных нарушений (трещин), прорывающих толщу кристаллического фундамента и перекрывавшего его на то время платформенного чехла. Эти нарушения в основном имеют сравнительно небольшие размеры; чаще всего это трещины скола, реже трещины отрыва, оперяющие зоны рудоконтролирующих разломов, выделение и отслеживание которых по геолого-геофизическим данным сопряжено с определенными трудностями. Прежде всего, такие нарушения скрыты от визуального наблюдения мощными, имеющими сложное строение толщами отложений палеозойского и кайнозойского (четвертичные отложения и образования неогена) возраста. Для отложений четвертич-

ного возраста характерна чрезвычайная изменчивость мощности и вещественного состава, что обусловлено распространением и интенсивностью неотектонических движений, режимом аккумуляции осадков, связанным с неоднократным наступлением покровных оледенений и разделяющих их морских трансгрессий.

Мощность отложений, перекрывающих большинство известных кимберлитовых тел в центральной части Архангельской алмазоносной провинции, составляет в среднем 40–60 м. В направлении вглубь материка эта мощность увеличивается – известны тела с перекрытием 110–120 м. По этой причине поиск кимберлитовых тел по минералам-спутникам практически невозможен, и их приуроченность к тектоническим нарушениям может значительно облегчить поисковый процесс. Большое практическое значение при этом имеют обнаружение и отслеживание тектонических нарушений небольших размеров с последующим составлением подробных тектонических схем районов поиска.

Положение дел

Обычно тектонические нарушения выделяются по результатам региональных геофизических работ – аэромагнитных, сейсморазведочных, электроразведочных (МТЗ), обеспечивающих благодаря размерам используемых измерительных систем прослеживание разломов на достаточно больших глубинах. При таком масштабе исследований выявляемые разрывные нарушения могут быть результатом проявления суммарного эффекта от тектонических нарушений разного уровня, что становится причиной некоторой неопределенности их интерпретации, приводящей к созданию различных версий тектонических схем для одного и того же района. Выбор единственного и достоверного варианта является решающим моментом при поиске геологического объекта, особенно когда его размеры невелики. На практике масштабы съемок укрупняются только для перспективных на полезные ископаемые территорий, но при этом они не всегда выполняются в площадном варианте, хотя именно площадные наземные исследования дают более подробную информацию и во многих случаях позволяют корректировать положение некоторых ранее намеченных тектонических нарушений.

На фрагменте тектонической карты для одного из участков Архангельской алмазоносной провинции, приведенном на рис. 1, положение субмеридионального Золотицкого разлома первого порядка (сплошная утолщенная линия) скорректировано по результатам наземной электроразведки методом переходных процессов (двойная штриховая линия).



Рис. 1. Фрагмент тектонической карты одного из участков Архангельской алмазоносной провинции с уточнениями по результатам наземной электроразведки МПП

1 – сеть разломов; 2 – отработанные маршруты; 3 – известные кимберлитовые тела с указанием названия; 4 – новое направление фрагмента разлома, установленное по результатам МПП; 5 – граница участка предполагаемых изменений; 6 – опытно-методический геофизический полигон "Трубка Беляя"

Результаты электромагнитных зондирований МПП, выполненных с расстановкой 100×100 м по пяти маршрутам, три из которых проложены через известные кимберлитовые тела, в виде геоэлектрических разрезов представлены на рис. 2.

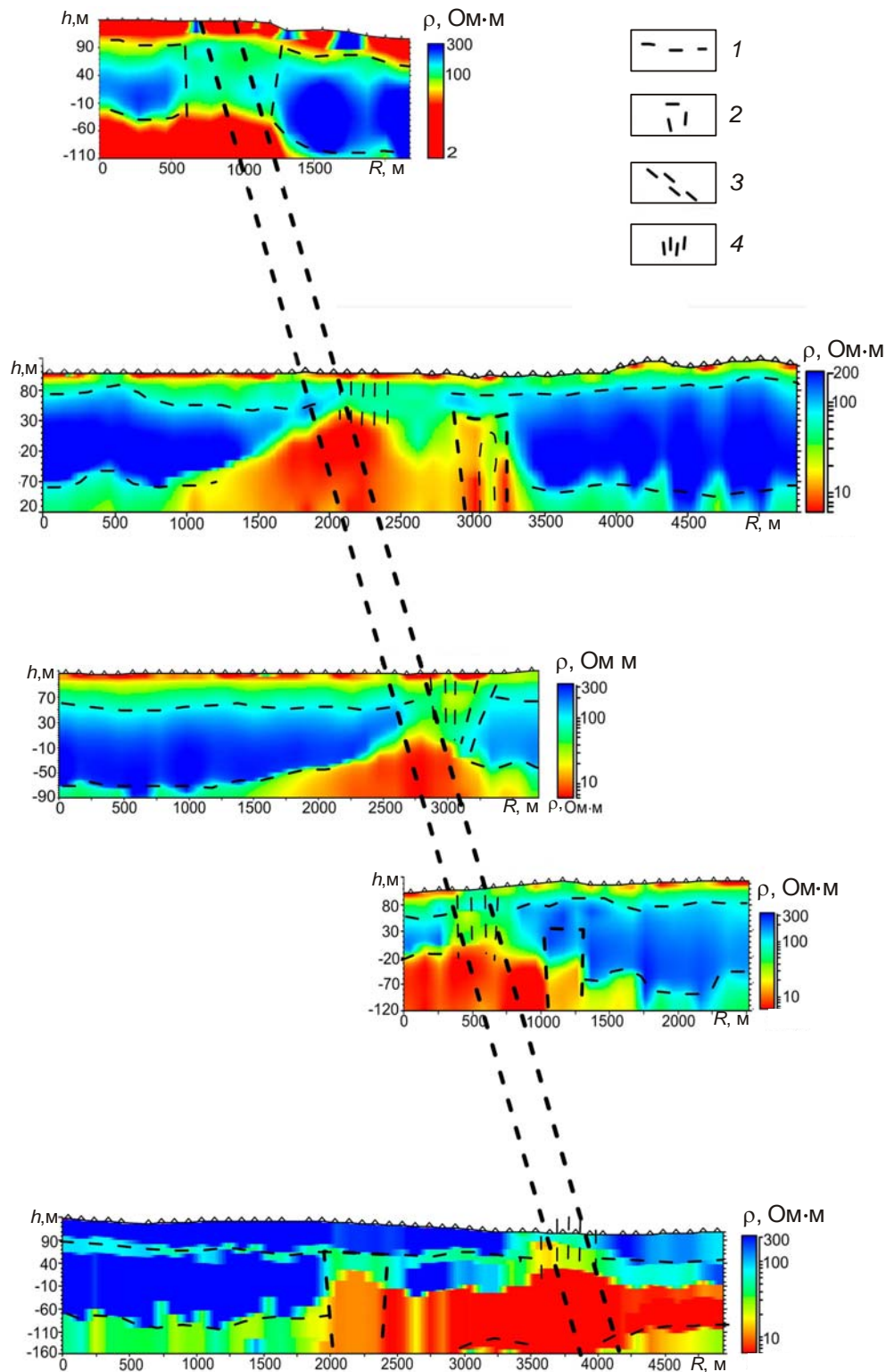


Рис. 2. Геоэлектрические разрезы, построенные по данным электромагнитных зондирований методом МПП, выполненных с расстановкой 100×100 м

1 – границы осадочных пород; 2 – контуры кимберлитовых тел; 3 – направление зоны тектонического нарушения; 4 – зоны вертикальной трещиноватости

Разрезы дают общее представление о строении толщи пород до глубин ~300 м. Для всех пяти маршрутов на разрезах прослеживаются несколько субвертикальных аномальных зон проводимости, которые укладываются в единую линию северо-западного простирания. Этот линейный проводник может быть отнесен к зоне разгрузки подземных напорных вод, проходящей по осевой части разлома, что подтверждается их самоизливом в пробуренных скважинах. Связь прослеживаемой линейной зоны проводимости с глубинным тектоническим нарушением не вызывает сомнения: подтверждением этой связи служит присутствие в ней магматических тел.

Согласно полученным результатам электроразведочных работ, кимберлитовые тела на геоэлектрических разрезах проявляются локальными объектами пониженного сопротивления, располагающимися по краю протяженных проводящих неоднородностей, обусловленных рудовмещающими разломами. При внимательном рассмотрении разрезов, представленных на рис. 2, и сопоставлении их с тектонической схемой (см. рис. 1) становится очевидной необходимость внесения в схему существенных поправок. Можно даже предположить, что трубки им. Ломоносова, Поморская и Пионерская находятся не в самом “теле” регионального разлома, а в оперяющих его элементах.

Обоснование применения геофизических методов

Тектонические нарушения представляют собой узкие вытянутые зоны с нарушенной сплошностью пород, отличные от общего залегания осадочных, изверженных и метаморфических толщ. Из-за смены термодинамического и тектонического режимов (сжатия и растяжения) эти зоны являются длительно живущими; они насыщены разновозрастными дайко- и штокообразными телами, дайками и трубками взрыва основного, ультраосновного и щелочно-ультраосновного состава, которые образуют пояса магмопроявлений [Голубев и др., 2003]. Повышенная пластичность пород венда и мощных толщ перекрывающих их отложений выступает в роли сглаживающего фактора, в связи с чем принято считать, что глубинные нарушения теряют свое значение как самостоятельные структурные элементы в этой части разреза. Однако это не совсем так. Слабо дислоцированные и практически горизонтально залегающие толщи пород венда и перекрывающих их отложений наследуют черты глубинных разломов, проявляясь по ряду признаков в геофизических полях.

При выборе критериев обнаружения и методов поиска таких тектонических нарушений важно иметь хотя бы общее представление о механизме их формирования. Вопрос формирования трещин в рассматриваемых толщах платформенного чехла до сих пор не имеет определенного ответа. По мнению многих исследователей, региональные системы трещиноватости платформенного чехла не являются результатом эпизодических разгрузок мощных напряжений в земной коре; они непрерывно образовывались в течение длительного времени и унаследованы от нижних горизонтов к верхним. Такая трактовка еще в 1961 г. была предложена Р.А. Ходжсоном, который отмечал, что трещины формируются в процессе накопления и диагенеза осадков, распространяясь в каждый новый слой [Hodgson, 1961]. Разрывная сетка нижележащих пород влияет на новые, еще не растрескавшиеся породы и таким образом контролирует направление трещин. Энергетической основой (причиной) для сохранности и распространения трещин из слоя в слой могут быть микросейсмические движения, а также приливные деформации земной коры, приводящие к колебательным и относительным движениям блоков. Такие усилия сами по себе сравнительно невелики, но действуют они с постоянной периодичностью. В результате, “оживают” уже существующие трещины и во вновь образующемся осадке появляются ослабленные зоны идентичного простирания, по которым после литификации закладываются новые трещины. Пере-

крывающие толщи пород над разломом, особенно над его активной зоной, претерпевают характерные структурные изменения, что может быть подтверждено результатами электроразведочных работ на самом раннем временном интервале в “наносекундном” диапазоне измерений, который доступен для георадиолокационных методов.

В Архангельской алмазонасной провинции на геофизическом полигоне “Трубка Белая” (см. рис. 1) сотрудниками ЦГЭМИ ИФЗ РАН П.Н. Александровым и Л.Б. Волкомирской при участии автора настоящей работы в июне 2008 г. были выполнены опытно-методические измерения с георадаром “ГРОТ-12”. Работы проводились на известном кимберлитовом теле – трубке Белая. На радарограмме (рис. 3) в породах, перекрывающих вендские отложения, на участке профиля от 100 до 160 м отчетливо прослеживается нарушение линейно-слоистого залегания пород. Этот интервал в точности совпадает с “надтрубным” пространством, трассируя кимберлитовую трубку по толще перекрывающих отложений и в какой-то степени обозначая ее местоположение (или направление распространения тектонического нарушения). Аналогичные результаты были получены при наблюдениях с георадаром на других маршрутах и объектах.

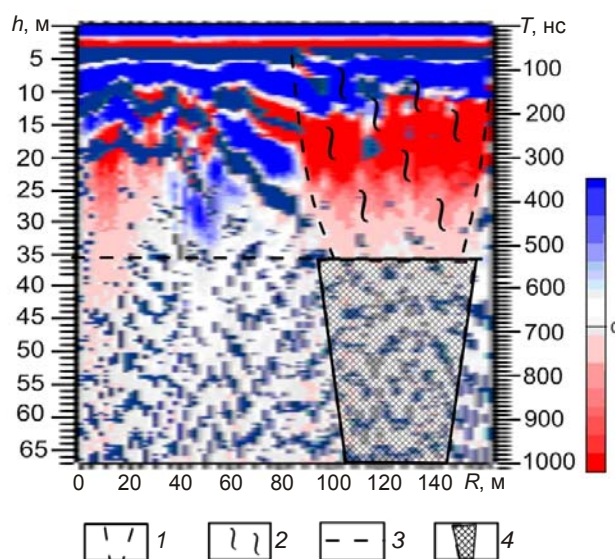


Рис. 3. Результаты измерений с георадаром “ГРОТ-12” на полигоне “Трубка Белая”

1 – границы зоны разрушения, 2 – деструктивные изменения с вертикальной трещиноватостью, 3 – поверхность вендского цоколя, 4 – кимберлитовая трубка

Изменения, связанные с рассматриваемыми разрывными нарушениями, скорее всего, не будут замечены по геологическим данным (по керну), что однако не означает их бесследного исчезновения в пластичных перекрывающих отложениях. Разрывные нарушения (разломы) обладают характерными особенностями, позволяющими рассматривать их как вертикальные структуры на фоне вмещающих пород. В частности, разлом представляет собой относительно активный “транзитный канал”, связующий земные недра с дневной поверхностью, по которому осуществляется усиленная инфильтрация газовых и жидкостных флюидов. Этот процесс находит свое продолжение в перекрывающих толщах и может быть объяснен на основе теории перкуляции (просачивания) флюидов в земной коре.

Придерживаясь такой модели формирования трещин и тектонических нарушений в толщах осадочных отложений, можно предположить, что характерные изменения на геоэлектрических разрезах, возможно, объясняются более интенсивным термодинамическим воздействием восходящего астеносферного потока на литосферу, а также нисходящего с дневной поверхности водного. Большую роль в формировании удельного

электрического сопротивления в пределах таких зон играет вода, свободно перемещающаяся по возникшей системе сообщающихся тектонических трещин (или рыхлосвязанная вода) [Барышев, 1998]. Вода, попавшая в трещины и находящаяся в пограничном слое, обладает особыми свойствами, отличающими ее от обычной, так называемой свободной воды. Эти особые свойства обусловлены возникновением на границе твердой и жидкой фаз двойного электрического слоя (ДЭС). В пограничном слое жидкости образуются подвижные заряды одного знака диффузной части ДЭС, т.е. создается вертикальная проводящая зона (или слой), при пропускании тока через которую индуцируются вихревые токи. Это явление создает условия, благоприятные для локализации тектонических нарушений и различных рудопроявлений внутри них электроразведочными методами.

Методика исследований и результаты работ

Результативность электроразведочных работ в значительной мере зависит от того, насколько правильно подобрана методика и технические средства для выявления и отслеживания соответствующих нарушений. В нашем случае методика исследований была выбрана с учетом результатов всех ранее выполненных наблюдений на основе сравнения многочисленных пробных измерений. Следует отметить, что в процессе работ накапливается информация, часто очень важная для разработки оптимального способа поиска объекта, в связи с чем при необходимости в первоначально избранную методику могут вноситься коррективы. Таким образом, очевидно, что лучше всего поиск объекта проводить не по эмпирическому принципу (путем сравнения с каким-либо эталонным аналогом), а экспериментально отслеживая любое отклонение в разрезе и анализируя его возможное происхождение. В ходе изучения конкретной аномалии и процесс измерений, и методика исследований должны подстраиваться (или меняться) для отслеживания максимального градиента нарушенности.

При проведении электроразведочных исследований методом переходных процессов (МПП) были опробованы несколько технологий на основе применения аппаратуры “Строб”, приборов из серии “Цикл” и *TEM-FAST*, которые отличаются друг от друга способом возбуждения и приема сигнала, программным обеспечением средств измерения, приемами обработки и интерпретации материала. Измерения прибором *TEM-FAST 48HPC* и применение *TEM-FAST*-технологии при решении наших задач оказались более результативными, так как позволили выделять слабые вертикальные изменения в разрезе. Особенностью технологии *TEM-FAST* является то, что измерения неустановившегося поля производятся в паузах между однополярными прямоугольными импульсами (в соотношении 3:1). Это делается во временной области, что по сравнению с частотными методами обеспечивает большее разрешение.

В технологии *TEM-FAST* камеральная обработка полевых электроразведочных наблюдений выполняется с помощью специализированной программы *TEM-RESEARCHER* [Барсуков, Светов, 1984; Барсуков и др., 2005, 2006]. Программа предлагает два способа построения разреза по экспериментальным данным – инверсии и трансформации. При инверсии значения сопротивления и мощности слоев находятся по минимуму функционала невязки вычисленных и экспериментальных данных; при этом учитывается точность измерений и априорная информация, а при необходимости могут быть учтены эффекты поляризации среды [Барсуков и др., 2005]. Трансформация процессов становления в зависимости кажущихся (или эффективных) сопротивлений от кажущихся (или эффективных) глубин – это способ визуализации результатов зондирования, в точности повторяющий способ построения пространственно-временных разрезов в сейсморазведке или при георадарных исследованиях. Эта процедура удачно реализована в программе

TEM-RESEARCHER, так как не содержит каких-либо ограничений на горизонтальную однородность исследуемого разреза и достаточно надежно позволяет интерпретировать данные в условиях резко негоризонтальных сред.

В *TEM-FAST*-технологии операция трансформации осуществляется автоматически и весьма быстро, что удобно для работы в полевых условиях. В программе применен специальный алгоритм сглаживания, разработанный П.О. Барсуковым и Б.С. Световым [1984]. В ходе поисковых работ предварительно оценивается разрез; перед пользователем открывается возможность в процессе работ для каждого конкретного случая с учетом решаемой геологической задачи выбирать оптимальный способ возбуждения и приема электромагнитного поля. Оперативное получение информации позволяет очень быстро локализовывать небольшие участки среды, представляющие геологический или инженерно-геологический интерес. Особенности данной технологии дают возможность выделять и отслеживать слабовыраженные тектонические нарушения в толщах осадочных отложений.

Прослеженные по результатам зондирований с использованием аппаратуры *TEM-FAST 48HPC* разломы представляют собой линейно-вытянутые проводящие электрический ток зоны в относительно однородном и менее проводящем массиве пород. Это хорошо видно на схеме площадного распределения кажущегося сопротивления по “срезам” на разных глубинах, пример одного из которых приведен на рис. 4, а. На геоэлектрическом разрезе I–I (рис. 4, б) по изменению сопротивления надежно прослеживаются пять слоев и вертикальная неоднородность (тектоническое нарушение). В пределах относительно проводящей субвертикальной зоны присутствует локальный проводник, имеющий вид конуса или воронки, который является результатом повышенной обводненности системы трещин в верхней части кимберлитовой трубки.

Выполненные по *TEM-FAST*-технологии электромагнитные исследования массива горных пород в пределах первых 300–400 м позволили детально изучить этот интервал разреза и выявить в нем мелкие неоднородности. Учитываемые программой установочные коэффициенты для различных эффектов нестационарных проявлений сделали нечитаемый разрез читаемым и предоставили с достаточной точностью необходимые

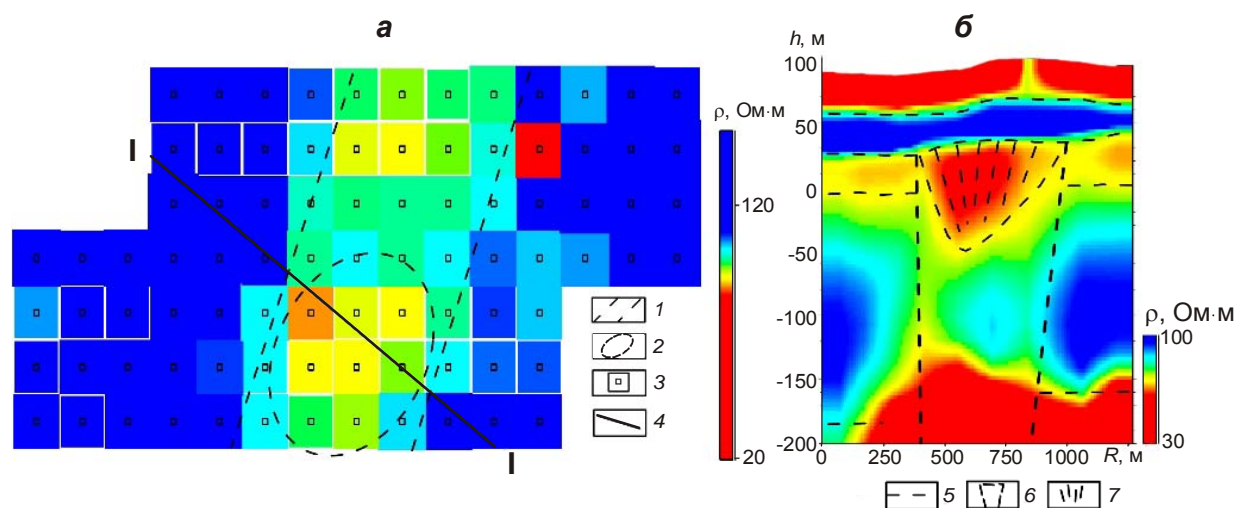


Рис. 4. Результаты электромагнитных зондирований методом МПП: а – геоэлектрический срез в интервале глубин 130–140 м; б – вертикальный разрез по линии I–I

1 – границы электропроводящей зоны; 2 – локальный проводник внутри зоны; 3 – квадратная измерительная петля с отметкой центра; 4 – линия I–I, по которой представлен вертикальный разрез; 5 – границы выделяемых слоев; 6 – контуры трубки взрыва; 7 – зона вертикальной трещиноватости

сведения о различных толщах пород. Отдельные разности пород в составе разлома и трубок взрыва сходны с вмещающими отложениями по литологии и петрофизическим свойствам, в связи с чем невозможно создать единый модельный образ для разлома и трубки. По этой причине в качестве поискового критерия должен быть выбран такой, который не зависит от физических свойств пород, составляющих разлом и трубку. Особого внимания при поисках заслуживают изменения электрического сопротивления пород в зоне шириной в два–три диаметра диатремы, которые отмечаются у многих трубок и могут служить поэтому одним из признаков их проявления [Стогний, Коротков, 2010]. Внедрение магматического флюида в толщи осадочных пород по ослабленным зонам разломов приводит к их реструктуризации, вызываемой экзоконтактовым воздействием кимберлитовых тел, с появлением дополнительной системы трещин радиальной и вертикальной зональности (рис. 5). Свободно перемещающаяся по этим трещинам (или рыхлосвязанная) вода обозначит их, сформировав особый режим электрического сопротивления горных пород в пределах исследуемых зон. Таким образом, наличие структурных изменений по контакту тектонических нарушений и трубок взрыва – своеобразная “визитная карточка”, позволяющая определить их местоположение.

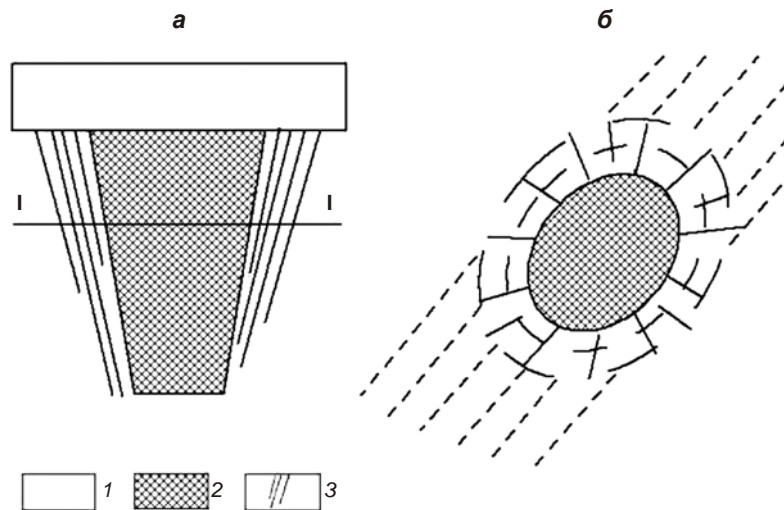


Рис. 5. Схематическая модель трубки взрыва в рудовмещающем разломе на разрезе (а) и в плане по линии I–I (б)

1 – перекрывающая толща осадочных пород, 2 – кимберлитовое тело, 3 – система трещин

Электроразведочные методы с учетом методических наработок для обнаружения и отслеживания разрывных нарушений (кимберлитоконтролирующих зон) позволяют проследить эти нарушения на выбранной площадке в плане и по глубине в различных направлениях. Особое значение при анализе результатов полевых наблюдений приобретают вертикальные геоэлектрические разрезы, которые дают наглядную картину геолого-структурного состояния толщ горных пород, позволяют более точно установить возможное местоположение искомых объектов и форму их залегания. В качестве примера на рис. 6 представлен разрез через известное кимберлитовое тело, пройденный вкрест простирания разрывного нарушения. Разрез получен автором при проведении электрических зондирований методом переходных процессов с аппаратурой *TEM-FAST 48HPC* в Финляндии (кимберлитовое поле Каави-Куопио). В целом разрез характеризуется высокими значениями сопротивления (более 1000 Ом·м) и маломощными покровными отложениями, благодаря чему в плане по электрическому отклику хорошо

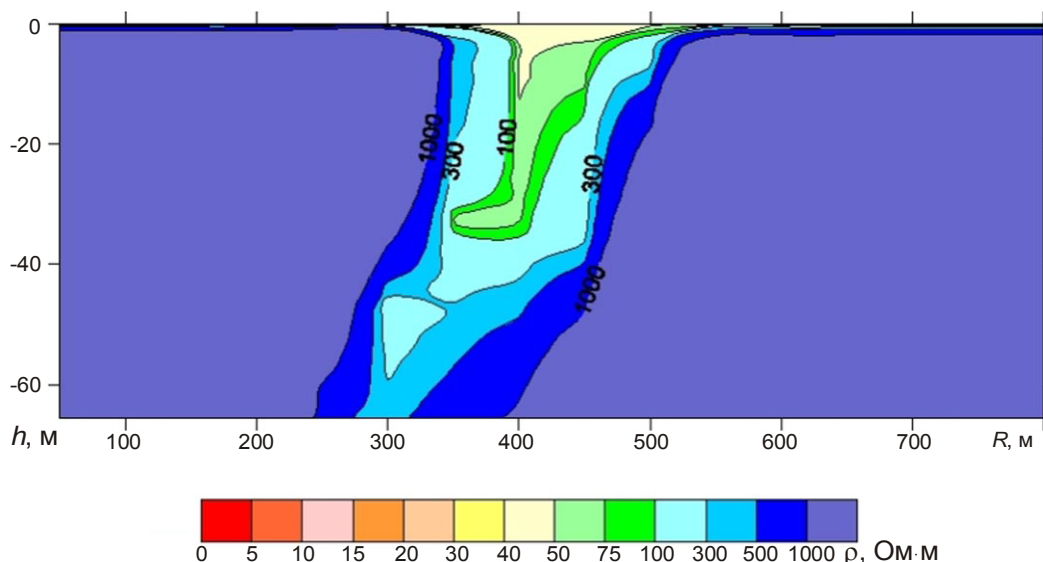


Рис. 6. Геоэлектрический разрез-инверсия, построенный по результатам измерений методом переходных процессов (МПП) с расстановкой 50×50 м. Кимберлитовое поле Каави-Куопио, Финляндия

выделяются элементы разрывного нарушения. По площадному распределению кажущегося сопротивления на срезах для различных глубинных уровней выделяются локальные объекты в виде фрагментов рудовмещающего нарушения – линейная проводящая зона и внутри нее небольших размеров локальное тело, отличающееся большей проводимостью. На геоэлектрическом разрезе (рис. 6) хорошо видно подтвержденное бурением наклонное положение трубки и то, что в пределах относительно проводящей субвертикальной зоны имеется локальный проводник ($\rho < 100 \Omega \cdot m$) в виде конуса или воронки, который является результатом повышенной обводненности верхней части кимберлитовой трубки.

На основе этих и целого ряда других экспериментальных данных можно предположить, что процессы, предшествующие, сопровождающие или являющиеся следствием становления и развития эндогенной рудообразующей системы, могут фиксироваться электромагнитными зондированиями и проявляться более или менее контрастно в геоэлектрическом разрезе в виде неоднородностей на общем фоне вмещающих и относительно однородных по сопротивлению пород. Проследить эти неоднородности позволяют современные технологии, отличающиеся высокой мобильностью, небольшими размерами установок и позволяющие наблюдать на экране управляющего блока прибора одновременно несколько кривых, обеспечивая контроль изменения разреза вдоль маршрута и фиксацию момента вхождения в аномальную зону. Все это очень важно при поиске и отслеживании объектов небольших размеров.

Практическое значение результатов

Результаты выполненных работ подтверждают высказанное ранее предположение о том, что кимберлитовые тела контролируются зонами повышенной электропроводности, имеющими сквозное (проникающее) положение в толще вмещающих пород. При проверке локальных магнитных аномалий очень важно с помощью наземных электрозведочных методов получить сведения об их принадлежности к линейным проводящим зонам, которые могут подтвердить связь аномалий с глубинными процессами. Отсутствие таких зон на аномальных участках (по данным аэромагнитной съемки) полно-

стью исключает их магматическое происхождение. В подобных случаях поисковые работы предлагается ориентировать, в первую очередь, на выделение и отслеживание разрывных тектонических нарушений, а затем в их рамках рассматривать локальные неоднородности, которыми также могут быть слабые магнитные аномалии [Коротков, 2005].

По статистике большинство имеющих промышленное значение трубок взрыва обладает слабыми магнитными характеристиками. Структурные изменения, связанные с кимберлитовыми телами, возможно, более универсальны и менее зависимы от физических свойств составляющих их пород и поэтому могут успешно использоваться в поисковых работах. Электроразведка в таких случаях открывает дополнительные возможности для исследователей, вводя их в зону слабомагнитных и, возможно, немагнитных интрузивных тел – для этого имеется большой диапазон методических возможностей, конкретизация которых для решения определенных задач повышает эффективность исследований. Такой путь, возможно, поможет найти выход из сложившейся на сегодня сложной ситуации в поисках алмазоносных трубок. Значительный объем работ, выполненных по описанной технологии (опробовано более 25 известных тел и более 450 аномальных объектов на территории Архангельской алмазоносной провинции и на известных трубках в Якутии и Финляндии), доказывает правильность сделанного выбора и может стать импульсом к качественному развитию поисковых работ в алмазной отрасли.

Выводы

Результаты проведенных электроразведочных наблюдений позволили проследить ряд тектонических нарушений и магматических (кимберлитовых) тел по характерным изменениям электрической проводимости пород. Дифференциация по электрическому сопротивлению тектонических нарушений, кимберлитовых тел и проявлений воздействия этих объектов на породы вмещающей среды – одна из основных предпосылок применимости электроразведочных методов при их поиске. Это вполне объяснимо, так как в любом случае по отношению к вмещающей основной массе пород кимберлитовые тела – это инородные образования, отличающиеся физическими свойствами и текстурно-структурными характеристиками. Помимо этого, в сравнении с обычным горизонтально-слоистым залеганием осадочных пород (так называемой референтной средой) они имеют совершенно иной статус, что можно сказать и о тектонических разрывных нарушениях.

Полученные электроразведочные данные позволяют дать некоторую количественную оценку разрывным нарушениям. Любое разрывное нарушение можно представить в зависимости от детальности исследований либо в виде дизъюнктивной границы (условной плоскости), либо геологического тела, объем которого формируется в результате линейной деструкции земной коры. В этом случае удобнее говорить не о разломе, а о зоне его динамического влияния (ЗДВР), под которой понимается область деформации, связанной с формированием разлома и движениями по нему [Лобацкая, 1987]. В пределах ЗДВР горные породы подвержены реологическим, физическим, петрографическим и структурным преобразованиям. Для них характерна повышенная трещиноватость, наличие зон интенсивного дробления, изменение физических параметров, в частности, сопротивления пород, диэлектрической проницаемости, магнитной восприимчивости, эффективной плотности, влажности. Все сказанное хорошо подтверждается во многих случаях специальными исследованиями по изучению физических параметров на трубках и прилегающих к ним участках. Наличие тектонического нарушения в том или ином месте можно считать основным фактором, способствующим проникновению в осадочные толщи взрывных тел, что становится одним из глав-

ных звеньев многофакторной прогнозно-поисковой модели кимберлитовой трубки. Немаловажным является и то, что при разработке стволового канала трубки по ослабленной зоне в разломе (особенно в процессе внедрения магматического вещества) во вмещающих породах по контакту образуется локальная зона разрушения, подобная показанной на рис. 6. Эта зона по размерам на 20–30% больше самих диатрем и является притрубочно-измененной; в ней наблюдается анизотропия удельного электрического сопротивления. Такие нарушения по аналогии с ЗДВР можно назвать зонами динамических влияний интрузии (ЗДВИ), отличительная особенность которых – радиальная и вертикальная зональность трещин. Как показывают результаты выполненных работ, при наличии ЗДВР и ЗДВИ можно определить точное местоположение кимберлитовых тел.

Выделение тектонических нарушений не было прямым назначением проведенных электроразведочных работ; для решения такой задачи они недостаточно масштабны. Поэтому речь может идти о выделении лишь небольших фрагментов, имеющих отношение к тектоническим нарушениям. Тем не менее, приведенные в настоящей работе примеры, по нашему мнению, достаточно убедительно иллюстрируют принципиальную возможность выделения и отслеживания электроразведочными методами небольших по размерам линейных нарушений в осадочных толщах.

Основной вывод состоит в том, что по площадному распределению сопротивления могут быть обнаружены разные по масштабу и проявлению линейные зоны, глубинное происхождение которых прослеживается по вертикальным геоэлектрическим разрезам.

Литература

- Барсуков П.О., Светов Б.С.* Трансформация квазистационарных переходных процессов геоэлектрики в эквивалентные волновые // Физика Земли. 1984. № 8. С.29–37.
- Барсуков П.О., Файнберг Э.Б., Хабенский Е.О.* Применение метода переходных процессов (технология TEM-FAST) для решения задач малоглубинной геоэлектрики и исследований окружающей среды. М.: Научный мир, 2005. С.183–189.
- Барсуков П.О., Файнберг Э.Б., Хабенский Е.О.* TEM-FAST-технология малоглубинной электроразведки // Приборы и системы разведочной геофизики. Саратов: Саратовское отделение ЕАГО, 2006. № 2. С.28–34.
- Барышев А.С.* Физико-геологическая модель кимберлитового поля и оптимальный комплекс геологических, геофизических и геохимических прогнозно-поисковых критериев // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. Мирный: АК АЛРОСА, 1998. С.233–235.
- Голубев Ю.К., Прусакова Н.А., Ваганов В.И.* Принципы ранжирования алмазоперспективных площадей для территории Восточно-Европейской платформы // Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2003. С.52–56.
- Коротков Ю.В.* О возможностях электроразведочных методов при поисках объектов трубчатого типа в закрытых районах // Геология алмазов – настоящее и будущее. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2005. С.1394–1397.
- Лобацкая Р.М.* О некоторых количественных характеристиках разломов в связи с особенностями их структурной организации // Изв. вузов. Геология и разведка. 1987. № 10. С.3–12.
- Милашев В.А.* Трещиноватость, блоковое строение платформенного чехла и локализация диатрем. СПб.: ВНИИ Океангеология, 1997. С.141–143.
- Стогний В.В., Коротков Ю.В.* Поиск кимберлитовых тел методом переходных процессов. Новосибирск: Малотиражная типография 2D, 2010. 121 с.
- Hodgson R.A.* Genetic and geometric relation between structures in basement and overlying sedimentary rocks, with examples from Colorado plateau and Wyoming // AAPG Bull. 1965. V. 49, N 7. P.935–949.

Сведения об авторе

КОРОТКОВ Юрий Васильевич – начальник геофизического отряда, ЗАО “АЛРОСА-Поморье”. 163513, Архангельская обл., Приморский р-н, п. Лахта, ул. Геологов, д. 22, кв. 100. Тел.: (8182) 60-78-11. E-mail: j_korotkov@mail.ru

ON THE ALLOCATION AND TRACKING FAULTS AND KIMBERLITE PIPE BY CHARACTERISTIC CHANGES IN CONDUCTIVITY IN SEDIMENTARY DEPOSITS

I.V. Korotkov

“ALROSA-Pomorje”, Arhangelsk, Russia

Abstract. Field work performed in the Arkhangelsk diamond province shows the importance of information about the elements of tectonic fracture. Using time-domain electromagnetic exploration technique allows us to study tectonic faults, which are distinguished by linear conductive zones.

The possibility of electromagnetic method in the search of kimberlite pipes is shown for a case when they are overlapped by thick sedimentary layers. The paper shows an effective use of tectonic fracture, as the primary search criteria for kimberlite pipe exploration.

Keywords: tectonic fracture, kimberlitic pipe, pulse geoelectrics, transient resistivity method, apparent resistivity, geoelectric cross-section.