

**ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
УЛЬТРАОСНОВНЫХ ПОРОД ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО ШИТА
ОТ СТЕПЕНИ ИХ СЕРПЕНТИНИЗАЦИИ**

За последние годы объемы электроразведочных работ, выполняемых на восточной части Балтийского щита, значительно увеличились. Это связано с широким применением высокопроизводительных аэро- и наземных методов, позволяющих перейти от изучения электроразведкой отдельных небольших участков к исследованию больших площадей, например таких, как синклиальная зона Ветреный пояс. Появились качественно новые данные, изменившие представление об этой территории как о регионе с простыми геоэлектрическими условиями, весьма благоприятными для проведения поисковых электроразведочных работ. В связи с этим подход к классификации выявленных аномалий на "рудные" и "безрудные" с позиций главным образом сравнительной оценки индукционного параметра аномальных объектов — кажущейся поляризуемости и анализа характера обобщенных переходных характеристик и т.д. — стал недостаточным и во многих случаях приводит к выявлению проверочным бурением проводящих объектов, не представляющих поискового интереса, например отдельных блоков ультраосновных пород. Такие породы, обладающие низким электрическим сопротивлением, часто не содержат достаточного количества электропроводящих минералов.

Для правильной оценки природы аномалий электропроводимости и повышения эффективности поисковых работ на территории региона, на склонах щита (Метналахтинская структурная зона, Бураковский массив и т.д.) представляет интерес петрофизическое изучение массивов основных и ультраосновных пород различной формационной принадлежности.

На Балтийском щите известны два главных формационных типа ультрабазитов: массивы перидотит-пироксенит-габбро-норитовой [1] и гипербазитовой формации [2]. В качестве примера образований первого типа рассмотрены массивы Луккулайсваара и Бураковский,

второго - Урасозеро и Монастырская интрузии (Ветренный пояс).

Массивы Луккулайсваара и Бураковский связаны с зонами глубинных разломов и залегают в архейских и нижнепротерозойских толщах. По всей вероятности становление массивов связано с заключительным платформенным этапом среднего протерозоя. Донные части массивов сложены ультраосновными породами (оливиниты, плагиоперидотиты), образующими базальную зону. В верхних горизонтах базальной зоны плагиоперидотиты переслаиваются с плагиошироксенитами (Бураковский массив), а на массиве Луккулайсваара - с плагиошироксенитами и габбро-норитами. Выше по разрезу породы базальной зоны сменяются горизонтами переслаивания пироксенитов и габбро-норитов (переходная зона). Последняя постепенно переходит в монолитную толщу габбро-норитового состава с мало мощными линзами и прослоями норитов и плагиоклазитов (главная зона). Эта зона сменяется породами верхней зоны, сложенной габбро-диоритами, пироксеновыми диоритами и сменито-диоритами. На дневной поверхности могут быть представлены различные зоны массивов в зависимости от глубины эрозионного среза.

Так, на поверхность современного эрозионного среза интрузии Луккулайсваара выходят породы главной зоны, а на Бураковском массиве картина более сложная. Он разбит зонами тектонических нарушений на три блока, смещенных относительно друг друга по вертикали. Наименее эродированным блоком является Центральный, где на поверхность выходят породы верхней зоны, а наиболее эродирован Агасозерский блок, в современном эрозионном срезе представленный породами переходной и базальной зон. В пределах Бураковского массива на поверхность выходят породы всех четырех зон. Для интрузий этого типа характерна относительно хорошая сохранность темноцветных минералов.

Интрузии гнейбазитовой формации - Урасозерская и Монастырская - также связаны с зонами глубинных разломов, имеют секущие контакты с вмещающими вулканогенно-осадочными породами нижнего и среднего протерозоя, местами наблюдаются маломощные зоны закалки. По форме массивы представляют собой пластообразные (Урасозерский массив) или долопитообразные (Монастырский массив) тела протяженностью 7-8 км при вертикальной мощности 1-1,5 и 3 км соответственно. Становление этих интрузий связано с геосинклинальными этапами нижнего и, возможно, среднего про-

терозоя. Рассматриваемые интрузии сложены апоклинитовыми и апоперидотитовыми серпентинитами. Иногда отмечаются метаперидотиты с хорошо сохранившимися широксенами в интерстициях. Оливин в породах этих интрузий нацело серпентинизирован.

На рассматриваемых массивах выявлены крупные блоки пород, характеризующиеся низким электрическим сопротивлением на общем низкоомном фоне. Площадь таких участков может достигать десяти и более квадратных километров. Поэтому представляет интерес рассмотрение результатов электроразведочных пород, выполненных на этих интрузиях.

Бураковский массив в целом характеризуется пониженным электрическим сопротивлением (первые сотни), а отдельные его участки, например часть Агенозерского блока площадью около 150 кв. км, характеризуются электрическим сопротивлением, достигающим первых десятков ом на метр. Внутри этого блока выделяются зоны с электрическим сопротивлением в единицы-доли ом на метр. Ширина этих зон достигает 500 м, а длина — нескольких километров.

На массиве Луккулайсваара также выявлены зоны пониженного электрического сопротивления (первые десятки) среди пород с электрическим сопротивлением в сотни ом на метр.

Зоны пониженного электрического сопротивления выявляются всеми методами электроразведки как на переменном, так и на постоянном токе. В магнитном поле они проявляются по-разному. Иногда эти зоны совпадают с положительными аномалиями магнитного поля интенсивностью до $(2+3) \cdot 10^8 \text{ Г}$, а иногда магнитное поле над ними практически отсутствует. Ряд электрических аномалий на этих массивах был проверен бурением, однако рудные объекты выявлены не были, несмотря на то, что по геоэлектрическим параметрам они предполагались.

На Монастырском и Урасозерском массивах зафиксированы аномалии переходного процесса, характеризующиеся сравнительно быстрым спадом поля (до 6 мс), большими размерами в плане и хорошим совпадением контуров аномалий на ранней стадии переходного процесса (1-3 мс) с контурами массивов ультраосновных пород или с их центральной частью. По данным вертикальных электрических зондирований (ВЗЗ) внутри массивов выявляются блоки пород с пониженным на порядок электрическим сопротивле-

нием. В плане и в разрезе размеры зон составляют первые сотни метров. Аномальные зоны характеризуются неравномерным электрическим сопротивлением. Методом дипольного индуктивного профилирования внутри аномальных зон переходного процесса выделяются участки пород с электрическим сопротивлением в единицы — десятки ом на метр. При проверке бурением в пределах аномалий проводимости, выявленных электроразведкой, установлены апсолвинитовые и апоперидотитовые серпентиниты с рассеянной редкой вкрапленностью магнетита и руде сульфидов, на первый взгляд не объясняющие причины столь низкого электрического сопротивления.

Таким образом, на всех рассмотренных массивах наблюдается сходная картина по данным электроразведочных работ: аномалии повышенной электропроводности часто обусловлены наличием пород без видимой связи с электроно-проводящими включениями.

Электронными проводниками в породах описываемого типа являются магнетит и сульфиды. Количество и формы выделения этих минералов в породах обуславливают интенсивность электронной проводимости последних.

Природа магнетита и сульфидов в массивах может быть разной. Во-первых, они могут быть представлены первичной сингенетической вкрапленностью в породах базальной, переходной и верхних зон расслоенных интрузий перидотит-широксит-габброноритовой формации (Бураковский массив) и в серпентинитах интрузивной гипербазитовой формации. В этом случае величина электронной проводимости будет зависеть от количества рудных минералов и характера их структур. Рассмотрим пример (рис. I) вкрапленной сингенетической сульфидной минерализация (черное) в апоперидотитовом серпентините из интрузии Урасозера (илиф СУ-6/3, Никола II, увелич. $\times 9$). Редкая вкрапленность сульфидов или магнетита обуславливает незначительную электронную проводимость, тогда как наличие сидеронитовых структур, при которых рудное вещество цементирует зерна оликатных минералов, является причиной высокой электронной проводимости пород. Отсутствие рудной минерализации в неизмененных породах расслоенных интрузив фиксируется низкими значениями электропроводности. Во-вторых, магнетит и сульфиды могут иметь вторичную природу, образуясь в результате процессов разложения оливина

(маг-
гене

роды
тиче
прир
ракт
коле
ронн

ные
суль-
низк
димо
проп
прео
нает
магн
зере
(рис
втор
по м
вина
Луки
колл
чие
изо
повн
мос
оли
при
раз
дим
лич
ная
инт

пол

(магнетит) и наложенного эпигенетического рудообразования.

Свежие ультраосновные породы и претерпевшие эпигенетические изменения различной природы и интенсивности характеризуются значительными колебаниями значений электронной проводимости.

Неизменные ультраосновные породы, не содержащие сульфидов и магнетита, имеют низкие значения электропроводности. Изменение оливина в процессе аутометаморфических преобразований интрузий начинается с выделения вторичного магнетита по трещинам внутри зерен. В качестве примера (рис.2) приведено выделение вторичного магнетита (черное) по микротрещинам в зернах оливина, отобранного из массива Луккулайсваара (шлиф Л-34, Николаи И, увелич. $\times 3,5$). Наличие этого магнетита внутри изолированных зерен оливина повышает электронную проводимость пород. Если же зерна оливина при этом плотно соприкасаются друг с другом, образуя цепь, электронная проводимость пород значительно увеличивается. Следствием именно этих процессов является повышенная проводимость отдельных участков базальных зон Бураковской интрузии и Луккулайсваара.

В случае далеко зашедших процессов серпентинизации оливин полностью замещается серпентином. Вторичный магнетит при этом



Рис.1.



Рис.2.

вносится в межзерновые пространства и в ряде случаев образует тончайшую сетку, обуславливая высокую электронную проводимость пород. Представление о перераспределении вторичного магнетита (черное) в межзерновых пространствах дает шлиф (рис. 3) апооливинитового серпентинита из интрузии Монастырская (шлиф СМ-50/3, Николаи II, увелич. $\times 3,5$). Часто подобным образом измененные породы слагают узкие (в несколько десятков метров) вытянутые (до сотни метров) зоны. Иногда площадь таких зон достигает квадратного километра и более. Наложенное эпигенетическое сульфидное оруденение вкрапленного и прожилково-вкрапленного типа может быть причиной повышенной электронной проводимости.

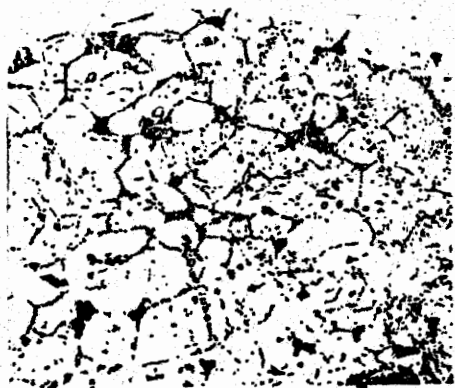


Рис. 3.

Сравнительный анализ геофизических данных для массивов перидотит-широксенит-габбро-норитовой и гипербазитовой формаций не выявил принципиальных различий в характере повышенной электропроводимости слагающих их пород. В таких случаях для повышения эффективности геофизических работ поисковый комплекс должен быть усилен геохимическими методами исследований, позволяющими более надежно устанавливать природу выявленных электроаномалий с комплексу элементов-индикаторов того или иного типа оруденения.

В результате электро-разведочных работ последних лет в юго-восточной области Балтийского щита выявлены разнообразные электропроводящие геологические образования, не представляющие поискового интереса и осложняющие выделение аномалий, связанных с промышленным оруденением. Из изложенного следует, что одним из таких объектов являются измененные ультраосновные породы.

Указатель литературы

1. Лобанова А.Б., Поликарпов В.К., Шикарев Н.Ф. Петрология расслоенного Бураковского массива Заонежья. — Советская геология, 1975, № 9.
2. Харкевич Д.С., Москалева В.Н. Объяснительная записка к карте магматических формаций масштаба 1:2500000. Л., 1971. 88 с.

УДК 550.838

Ю.И.Кудрявцев, Д.В.Микляев, Л.Н.Уральский

ИНДУКЦИОННЫЙ ЗОНД С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ КАТУШКАМИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОЙ ВОСПРИЙМЧИВОСТИ СРЕДЫ

Индукционные зонды с параллельными катушками подробно исследованы теоретически и экспериментально, а макеты зондов испытаны в полевых условиях [1-4]. Разработанная компактная конструкция зонда содержит генераторную и приемную катушки, длины которых близки к величине расстояния между ними, фокусирующую катушку, которая является также и компенсационной [3, 4]. Благоприятная вертикальная характеристика зонда и удовлетворительная чувствительность измерений обеспечиваются при расстройке фокусирующей катушки вблизи генераторной. Фокусирующая катушка поэтому по сравнению с приемной имеет небольшое количество витков, достаточное для компенсации первичной э.д.с. приемной катушки. Из-за существенного различия параметров приемной и фокусирующей катушек зонд не обладает помехозащищенностью, что снижает точность измерений при наличии значительных промышленных помех. Усовершенствование конструкции зонда с параллельными катушками для устранения этого недостатка представляет практически важную задачу.

Обоснование конструкции зонда. Для обеспечения помехозащищенности достаточно приемную катушку (ПК) и встречно включенную с ней фокусирующую катушку (ФК) располагать на одинаковом расстоянии от генераторной (ГК) (рис.1). В этом случае при на-