Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова
т. XLVI, вып. 2, 1963 г.

О ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЛУБИННЫХ МАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Г. А. Поротова, М. С. Сипакова

Материалы магнитных наблюдений[1] позволяют рассмотреть ряд новых вопросов о геологическом строении Кольского полуострова и размещении ряда полезных ископаемых.

На картах графиков магнитного поля ΔT выделено большое число аномалий и аномальных зон, различных по размерам, форме, интенсивности и характеру поля. Геологическая природа многих из них не вызывает сомнений и легко устанавливается при сопоставлении карт магнитного поля с детальными геологическими картами, составленными по данным изучения дневной поверхности и неглубоких выработок. Для расшифровки аномалий с более сложной природой такой материал недостаточен. Эти аномалии отражают свойства и состав пород как частично выходящих на дневную поверхность кристаллического фундамента, так и магнитных масс, залегающих в толще пород фундамента, либо обусловлены только последними. Как обычно, они тоже разделяются на региональные и локальные.

Региональные аномалии соизмеримы со структурно-тектоническими зонами, хотя и занимают по отношению к ним различное положение; иногда охватывают несколько структурных зон.

Локальные аномалии глубинного происхождения встречаются сравнительно редко, площадь их порядка 10—20 $км^2$, форма близка к изометричной, интенсивность поля 500—2000 γ.

Методика геологической интерпретации аномалий, связанных с глубинными массами, в пределах Балтийского кристаллического щита затруднена и недостаточно разработана. Объясняется это, с одной стороны, отсутствием глубоких скважин и очень скудными сведениями о магнитных свойствах пород щита. С другой стороны, графики ΔT региональных аномалий обычно имеют сложную форму, так как на магнитное поле, созданное глубинными массами, накладывается поле пород, выходящих на дневную поверхность. Если при этом учесть еще и обычно сложную форму намагниченных тел, то, естественно, вычисление глубин залегания верхней кромки намагниченных тел будет иметь большую погрешность.

В комплексе с геологическими данными, сведениями о магнитных свойствах пород, выходящих на поверхность фундамента, и материалами гравиметрической съемки можно получить представление о причине или природе сложных аномалий глубинного происхождения.

Выделение и интерпретация аномалий подобного типа представляют большое значение для изучения глубинного геологического

[1] Работы Западного геофизического треста под руководством М. К. Поляка, В. В. Сусленникова, Г. А. Поротовой.

строения и магматизма территории Кольского полуострова, его структурно-тектонического и металлогенического районирования.

В настоящей статье мы остановимся на наиболее интересных, с точки зрения геологической интерпретации, региональных и локальных аномалиях, связанных с объектами глубокого залегания. Среди региональных аномалий особое внимание привлекает Кольско-Кейвская магнитная аномалия центральной части Кольского полуострова общей площадью около 18 000 $км^2$.

В плане аномалия имеет форму, близкую к прямоугольнику, с четкими прямолинейными очертаниями на северо-востоке и менее четкими на юге и юго-западе, но в общем вытянутую в северо-западном направлении. Интенсивность ее колеблется от 250 до 800 γ. Большая часть аномалии характеризуется напряженностью поля 500—800 γ. Местами, особенно в южной части, интенсивность ослабевает до 250—400 γ.

Относительно спокойный характер поля ΔT в центральной и краевых частях аномалии нарушается рядом локальных аномалий с различной интенсивностью, характером поля и геологической природой. В центральной части локальные аномалии группируются в виде полос чаще северо-западного, реже северо-восточного и широтного простираний, образуя участки переменного поля интенсивностью до 2500 γ. В краевых частях и на северо-западе интенсивность локальных аномалий достигает 4000 γ (район р. Цаги).

При сравнении карты графиков магнитного поля со структурно-тектонической схемой рассматриваемой части Кольского полуострова (составленной Л. Я. Харитоновым) было установлено, что региональная аномалия ΔT распространяется над Кейвской синклинорной областью, частью Центрально-Кольского антиклинория и частично захватывает Варзугский синклинорий (рис. 1). При этом наиболее интенсивная часть региональной аномалии (600—800 γ) соответствует области Кейвского синклинория, а остальная, меньшая по площади, двум другим структурам.

Магнитные свойства основных комплексов пород, слагающих упомянутые структурно-тектонические зоны, различны. Так, гнейсы и сланцы кейвской серии протерозоя, не подвергнутые процессам щелочного метасоматоза, неизмененные среднезернистые разности щелочных гранитов, гнейсо-граниты архея, эффузивные и базальные образования северной части Варзугской зоны являются немагнитными или слабомагнитными (магнитная восприимчивость $\varkappa$ от $100 \cdot 10^{-6}$ до $400 \times \times 10^{-6}$ cgsm). Массивы и участки распространения этих пород в пределах региональной аномалии в целом составляют большую площадь. Только массивами щелочных гранитов занято около 3500 $км^2$. Интересно, что магнитное поле над аналогичным по химическому и минералогическому составу массивом эгирин-арфведсонитовых гранитов в районе р. Иокоганька (за пределами Кольско-Кейвской региональной аномалии) резко пониженное. Следовательно, перечисленные комплексы пород не могут создать магнитного поля региональной аномалии указанной интенсивности.

Магнитными на рассматриваемой территории являются следующие комплексы пород: 1) мелкозернистые щелочные граниты краевой фации — зоны эндоконтакта (при $\varkappa$ от $500 \cdot 10^{-6}$ до $2000 \cdot 10^{-6}$ cgsm), 2) гнейсы кейвской серии, подвергнутые щелочному метасоматозу — зоны экзоконтакта (при $\varkappa$ от $1000 \cdot 10^{-6}$ до $3000 \cdot 10^{-6}$ cgsm); 3) гнейсо-граниты архея, подвергнутые щелочному метасоматозу (при $\varkappa$ от $1000 \cdot 10^{-6}$ до $2000 \cdot 10^{-6}$ cgsm); 4) породы основного частично ультраосновного состава: габбро, габбро-нориты, габбро-анортозиты, габбро-

амфиболиты, пироксениты и перидотиты (при $\varkappa$ от $200 \cdot 10^{-6}$ до $5000 \times \times 10^{-6}$ cgsm).

Этими магнитными комплексами пород и объясняются все локальные аномалии, наблюдаемые в пределах региональной аномалии.

Магнитные свойства основных пород габброидного ряда очень непостоянны, что обусловлено неравномерным распределением в них рудных магнитных минералов. Кроме того, число этих минералов далеко не всегда находится в соответствии с разделением пород по основности. Интенсивность магнитного поля ΔT над породами основного

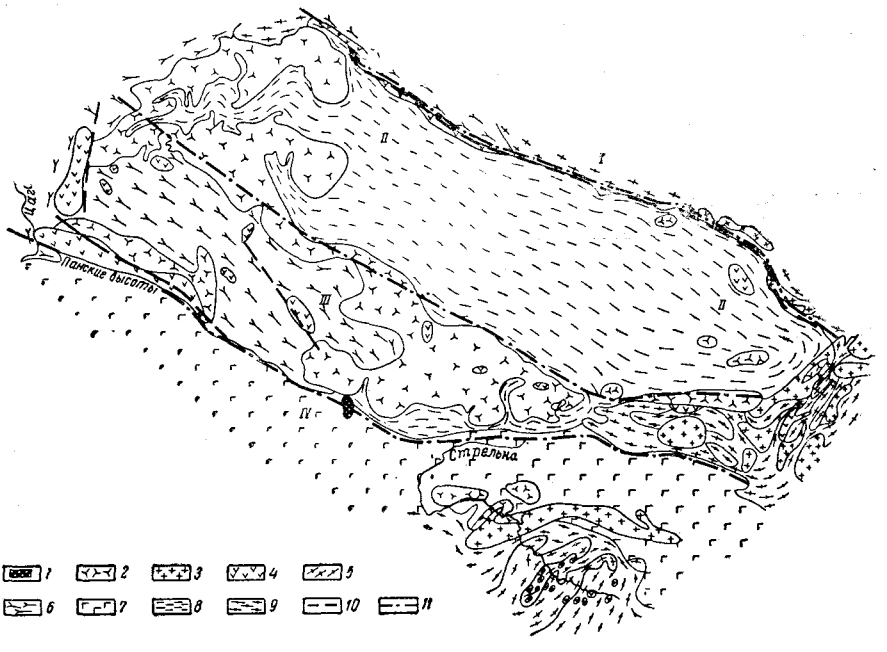


Рис. 1. Схема тектонического строения центральной части Кольского полуострова:

I — Мурманский антиклинорий; *II* — Кейвский синклинорий; *III* — Центрально-Кольский антиклинорий; *IV* — Имандра-Варзугский синклинорий; *1* — комплекс ультраосновных и щелочных пород *Pz*; *2* — щелочные граниты *P t* (?); *3* — микроклиновые граниты $\gamma_3 Pt$; *4* — перидотиты, пироксениты, габбро, габбро-нориты, габбро-анортозиты *Pt*; *5* — плагиомикроклиновые граниты γ_2; *6* — олигоклазовые гнейсо-граниты, частично грано-диориты и мигматиты по гнейсам; *7* — нерасчлененный комплекс осадочно-вулканических образований имандра-варзугской серии пород; *8* — гнейсы, сланцы, частично ортоамфиболиты кейвской серии; *9* — нерасчлененный комплекс гнейсов архея; *10* — линии тектонических нарушений; *11* — границы крупных тектонических структур

состава также колеблется в широких пределах. Иногда породы основного состава не сопровождаются аномалиями поля ΔT, как это имеет место в юго-восточной части массива Панских высот и над некоторыми интрузиями габбро-анортозитов в районах северных Кейв.

Наиболее интенсивная локальная магнитная аномалия наблюдается над известным массивом основных и частично ультраосновных пород района р. Цаги, вмещающим месторождения титано-магнетитовых руд. Массив имеет меридиональное простирание и характеризуется интенсивностью поля ΔT до 8000 γ.

Аномалией интенсивностью 7500 γ отмечается изометричный массив ультраосновных и щелочных пород района озера Песочного, относимый к интрузиям центрального типа. Несколько менее интенсивными магнитными аномалиями (до 3000 γ), но достаточно хорошо заметными на общем региональном фоне поля ΔT Кольско-Кейвской аномалии отмечаются массивы габброидных пород района Панских высот, озера Щучьего, а также вновь выявленная интрузия основных

пород к юго-западу от пос. Краснощелье. По северной окраине Кейвской зоны повышенным магнитным полем местами картируются тела габбро-анортозитов и связанных с ними амфиболитов, подвергнутых щелочному метасоматозу. Магнитность пород в этом случае обусловлена появлением в них вторичного магнетита.

Другая группа аномалий, как это отчетливо устанавливается при сопоставлении карт магнитного поля ΔT с детальными геологическими картами, связана с породами краевой фации щелочных гранитов, т. е. с мелкозернистыми разностями самих гранитов и обрамляющими их гнейсами, подвергнутыми воздействию щелочных гранитов.

Воздействие щелочных гранитов на вмещающие породы выразилось в перегруппировке окислов, появлении инъекционных структур, микроклина, гастингсита, эгирин-авгита, развитии эпидота, обогащении магнетитом, титаномагнетитом, ортитом, сфеном, цирконом и другими новообразованиями.

Содержание магнетита в породах краевой фации достигает 10—15%, что и определяет повышенную магнитность этих пород. Мощность зон эндо- и экзоконтактовых изменений колеблется от первых десятков метров до 3 *км*.

Наиболее сильные изменения и обогащение магнетитом под воздействием щелочных гранитов испытали гнейсы Кейв. Значительно менее изменены гранитоиды архея и габбро-анортозиты протерозоя. Поэтому, естественно, вдоль контакта щелочных гранитов с архейскими породами магнитные аномалии ΔT менее интенсивны, чем в зонах контакта щелочных гранитов с гнейсами свиты Кейв. В пределах последних они имеют интенсивность до 2500γ и более сложную структуру поля, отвечающую сложному строению и составу пород краевой фации. Вследствие этого аномалии такого типа, имея в общем вытянутую форму, часто состоят из двойных или тройных полос.

Широкое распространение зоны метасоматически измененных пород и соответствующие им локальные магнитные аномалии получили в районах Западных Кейв, наиболее приподнятой части Кейвской структурной зоны. Они встречаются также и внутри гнейсовых толщ, где приурочены к зонам тектонических нарушений, а также к контактам этих пород с интрузиями габбро-анортозитов. Все это свидетельствует о региональном развитии процессов щелочного метасоматоза, его вертикальном характере, а также о возможно широком распространении на глубине щелочно-гранитной магмы в пределах Кейвской синклинорной области.

Очевидно, интенсивно развитыми здесь процессами щелочного метасоматоза, фиксируемыми на поверхности и глубине (зонами экзо- и эндоконтактовых изменений интрузий щелочных гранитов), и обусловлена интенсивность (600—800γ) магнитного поля всей северной части региональной магнитной аномалии. Повсеместное влияние щелочных гранитов, известных на поверхности и залегающих на глубине, на гнейсо-сланцевую толщу Кейв подтверждается и результатами аэрогамма-съемки. Над этими образованиями (за исключением заболоченных и закрытых участков) наблюдается повышенная активность, свойственная щелочным гранитам и зонам их воздействия.

В пределах Центрально-Кольского антиклинория (расположенного южнее Кейвского синклинория) повышенное магнитное поле ΔT региональной аномальной зоны обусловлено, очевидно, развитыми здесь магнитными метасоматически измененными гнейсо-гранитами архея и мелкозернистой краевой фацией щелочных гранитов. Ими же, залегающими на некоторой глубине, создается повышенное магнитное поле над частью образований Имандра-Варзугской синклинорной зоны в районе р. Стрельны.

Таким образом, повышенное магнитное поле региональной аномалии связано с процессами глубокого метаморфизма, вызванного внедрением крупнейшей интрузии щелочных гранитов, оказавшей воздействие на все вмещающие более древние образования.

Полученные на основании геологического анализа магнитного поля региональной аномалии представления о структурных особенностях и глубинном магматизме центральной части Кольского полуострова подтверждаются в настоящее время и данными других геофизических методов [1]. Над Кейвской синклинорной зоной и прилегающей к ней частью Кольского антиклинория наблюдается региональный минимум поля силы тяжести. Минимальные значения поля Δg отмечаются в районе верховий рр. Лебяжьей и Золотой, где установлена наибольшая мощность гнейсо-сланцевой толщи Кейв, а следовательно, и лежащих под ними щелочных гранитов, еще не везде вскрытых эрозией. С убыванием мощности этих образований на запад и северо-запад и приближением к поверхности пород основного состава поле силы тяжести постепенно возрастает, достигая в местах выхода основных пород на поверхность (район р. Цаги и оз. Щучьего) обычных для них значений Δg. Такой характер распределения поля силы тяжести полностью соответствует и результатам изучения плотности пород Кейвского регионального минимума силы тяжести. Установлено, что наименьшей плотностью обладают гнейсы свиты Кейв, щелочные и микроклиновые граниты. Те и другие образования широко развиты в Кейвской зоне и прилегающем к ней антиклинории и создают общий пониженный фон поля силы тяжести.

Полученные материалы гравиметрической съемки, не отражая некоторых деталей геологического строения из-за мелкого масштаба исследований, согласуются с представлениями о более широком развитии в Кейвской синклинорной зоне щелочных гранитов, воздымании структуры в целом в северо-западном направлении.

Эти данные, а также пространственная и генетическая связь щелочных гранитов с основными и ультраосновными породами других районов Кольского полуострова (Вырмес-Гремяха, Кан-озеро) не оставляют сомнений в том, что вся Кольско-Кейвская региональная аномалия связана с магматическим очагом основных и щелочных пород. В результате поднятия и частичной дифференциации фронта этих пород в фазу крупных тектонических движений в краевых частях структур, на контактах и зонах разломов в ряде мест появились породы основного и частично ультраосновного составов. Затем, несколько позже, поднималась щелочно-гранитная магма, которая при внедрении использовала зоны разломов, приспосабливалась к складчатым структурам гнейсо-сланцевой толщи Кейв и оказывала воздействие на все более древние образования. Эта наиболее легкая и подвижная щелочно-гранитная магма заняла верхние этажи общего фронта магматических пород. Внедрение основных и щелочных пород сопровождалось блоковым поднятием одних частей Кейвской синклинорной зоны и опусканием других вдоль прилегающих разломов, а также привело к образованию дополнительных трещин в интрузивных телах и вмещающих породах. С ними связано появление жил щелочного гранита в гнейсо-сланцевой толще Кейв и в массивах габбро-анортозитов, местами несущих редкометальное и редкоземельное оруденение. Общее поднятие произошло в западных частях Кейвской синклинорной и Центрально-Кольской антиклинорной зон.

Практическое значение полученных результатов аэромагнитной съемки и геологической интерпретации Кольско-Кейвской региональ-

[1] Съемка проводилась под руководством В. Д. Миронова.

ной аномалии достаточно велико. Локальные аномалии ее, связанные с зонами экзо- и эндоконтактовых изменений щелочных гранитов, перспективны на поиски месторождений определенных полезных ископаемых. Основные породы и связанные с ними аномалии перспективны на поиски месторождений титаномагнетитовых и ильменитовых руд. В целом контуры региональной Кольско-Кейвской магнитной аномалии определяют границы новой крупной структурно-металлогенической зоны, охватывающей несколько структурно-фациальных зон.

Примером локальных магнитных аномалий глубинного происхождения может служить аномалия, отмеченная наземной и воздушной

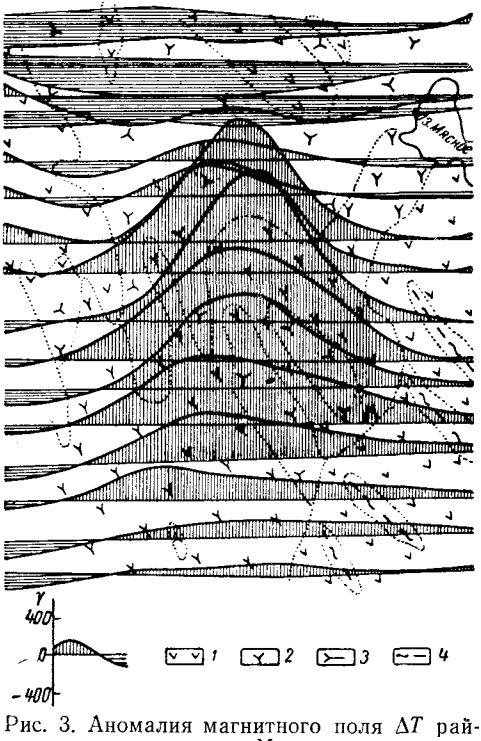


Рис. 3. Аномалия магнитного поля ΔT района озера Мясного:

1 — габбро, габбро-нориты и амфиболиты по ним; *2* — метагаббро массивное; *3* — метагаббро полосчатое; *4* — биотитовые и амфиболо-биотитовые гнейсы

съемками над габброидами главного хребта Монче-Чуна тундр, в районе озера Мясного. Форма ее близка к изометричной, площадь около 20 $км^2$ (рис. 3), интенсивность 1600γ. Согласно детальной геологической карте аномалия наблюдается над полосчатыми и частично массивными лейкократовыми габбро, габбро-норитами, амфиболитами по габбро и частично биотито-амфиболовыми гнейсами. Почти все эти разности пород содержат мелкую рассеянную вкрапленность магнетита.

Измерение магнитных свойств образцов пород показывает, что магнитная восприимчивость их на участке аномалии магнитного поля не превышает обычно $2000 \cdot 10^{-6}$ cgsm. Для получения аномалии такой величины породы должны обладать $\varkappa$ не менее $15\,000 \cdot 10^{-6}$ cgsm. Магнитное поле аномалии распределяется независимо от площадей и контуров распространения отмеченных разностей габброидных пород и гнейсов, их полосчатости и рассланцеванности. За пределами аномалии весь отмеченный комплекс пород характеризуется пониженным и нормальным полем ΔT и Z_a.

Таким образом, локальная аномалия района озера Мясного не обусловлена породами, закартированными на поверхности. Буровая скважина, заданная по проверке аномалии, прошла 150 *м*, но магнитных пород, которыми могла бы быть обусловлена аномалия, не вскрыла.

Как показывают расчеты по кривым Z_a и ΔT, глубина залегания верхней кромки тела, вычисленная методом высших производных и с помощью палеток, около 250 *м*. Сложено тело, вероятно, ультраосновными породами, обогащенными ферромагнитными минералами. Оно моложе габброидных пород главного хребта и относится, по-видимому, к перспективным интрузиям второй фазы складчатости протерозоя.

В заключение отметим, что многие исследователи областей с погруженным складчатым фундаментом все вычисленные глубины залегания намагниченных тел по магнитным аномалиям относят к рельефу современной поверхности пород кристаллического фундамента. На примерах рассмотренных локальной и региональной аномалий Кольского полуострова видно, что это не всегда правильно, так как намагниченные тела занимают различное положение в толщах пород кристаллического фундамента.

Геологическая интерпретация магнитных аномалий может быть выполнена только при учете всех геоструктурных особенностей строения верхней части земной коры, изучении происходящих геологических процессов и привлечении данных других геофизических методов.