Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова т. LXI, вып. 2, 1971 г.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИСТОЛКОВАНИЯ ГРАВИТАЦИОННЫХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ДОКЕМБРИЙСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ

В. П. Захаров

Докембрийские платформы и щиты, занимая основную часть территории континентов и храня в своих недрах огромные запасы полезных ископаемых, в геологическом отношении изучены недостаточно. Расчленение и корреляция докембрийских толщ классическими методами палеонтологического, петрографического и структурно-геологического анализа крайне затруднены, так как глубоко метаморфизованные и гранитизированные породы во многих случаях сохраняют лишь реликтовые текстурно-структурные и литологические признаки первоначальных геологических образований. Большими возможностями при изучении строения и восстановлении истории развития докембрийских щитов обладают геофизические методы, в частности, грави- и магниторазведка.

Длительное время эти методы использовались по двум направлениям: поиски рудных тел и локальных геологических образований, к которым непосредственно приурочены повышенные концентрации полезных компонентов (например, интрузивов ультраосновного состава), выявление областей преобладающего распространения крупных комплексов горных пород и оценка их возможного распространения на глубину. В настоящее время в связи с увеличением точности регистрации слабых магнитных и гравитационных аномалий, усовершенствованием методики наземных и воздушных геофизических исследований можно ставить вопрос о более полном использовании материалов этих работ при изучении геологического строения докембрийских кристаллических толщ. Следует, однако, иметь в виду, что геологическое истолкование данных грави- и магниторазведки имеет некоторые особенности, определяемые спецификой геологического развития докембрия, прежде всего интенсивным проявлением гранитизации и метаморфизма, наличием своеобразных структур — гнейсо-мигматитовых куполов, сложенных породами гибридного состава.

Достаточно подробное расчленение толщ метаморфических пород достигается за счет картирования с помощью грави- и магниторазведки определенных маркирующих горизонтов, которыми чаще всего являются метадиабазы и образующиеся по ним зеленые сланцы и амфиболиты. Эти горизонты, что особенно важно, зачастую пересекают границы распространения различных фаций метаморфизма и даже прослеживаются среди гранитизационных образований. Указанное обстоятельство позволяет решать вопрос, являются ли различия в степени метаморфизма надежным призна-

ком разного возраста пород в данном районе. При прослеживании маркирующих горизонтов следует иметь в виду, что интенсивность, а иногда и форма аномального сигнала будут изменяться в зависимости от интенсивности проявления метаморфизма и степени гранитизации. Однако при отсутствии секущих разрывных нарушений такие изменения происходят плавно и не создают затруднений при прослеживании опорных горизонтов.

Яркие примеры успешного применения грави- и магниторазведки при расчленении докембрийских толщ, выделении гнейсо-мигматитовых куполов и изучении тектоники приводятся в ряде работ, посвященных изучению геологического строения Украинского кристаллического щита [1, 2, 3] по материалам наземных геофизических исследований. При достигнутой в настоящее время точности регистрации аномального магнитного поля и точности привязки маршрутов аэромагнитной съемки материалы последней также можно использовать для решения аналогичных геологических задач.

При изучении складчатых структур и корреляции метаморфических толщ докембрия по данным аэромагнитной съемки, точно так же как и при решении этих задач с помощью визуальных геологических наблюдений, наиболее убедительным приемом является непосредственное прослеживание маркирующих горизонтов, в данном случае сложенных магнитными породами. Достаточно наглядным в этом отношении документом представляется карта осей магнитных аномалий. К сожалению, на таких картах показывают обычно лишь оси большой протяженности. Участки, для которых характерны сложные поля, плохо выдержанные по простиранию, как правило, изображают замкнутыми контурами с указанием, что это области сложного поля переменной интенсивности, в целом соответствующие площадям развития определенных геологических комплексов. Геологические причины, приводящие к возникновению такого рода сложных полей, во многих случаях остаются невыясненными.

Задача расчленения этих комплексов по данным аэромагнитной съемки представляется весьма актуальной и вполне разрешимой. Ее актуальность определяется типичностью и широким распространением указанных магнитных полей в пределах докембрийских кристаллических щитов, где они обычно соответствуют толщам гнейсов и участкам развития гранитоидов. Сложный характер магнитного поля и его плохая коррелируемость на таких площадях являются естественным следствием гранитизации, которая приводит к образованию гибридных пород — мигматитов. В мигматитах в виде останцов часто сохраняются породы, по химическому составу резко отличающиеся от гранитов, в том числе в различной степени измененные породы основного и ультраосновного состава. Их наличию чаще всего и обязаны своим происхождением магнитные аномалии, которые являются прерывистыми, прослеживаются лишь на небольшие расстояния и поэтому обычно не используются для расшифровки внутреннего строения гранитизированных толщ докембрия.

Ниже будет показано, что, хотя по данным аэромагнитной съемки в области развития гранитизационных образований не удается провести протяженные оси магнитных аномалий, все же совокупность коротких осей позволяет выявить складчатые структуры этих толщ и более молодые разрывные нарушения. Такая задача была решена для одного из районов Балтийского кристаллического щита.

Существующие представления о геологическом строении данной территории отображены на фрагменте геологической карты, составленной М. А. Гиляровой [4] без учета данных геофизических методов. На карте (рис. 1) показаны контуры отрицательной локальной гравитационной аномалии.

По гравиметрическим данным была вычислена глубина залегания нижней границы гранодиоритового массива, равная 3—4 *км*. О сравнительно небольшом распространении этого объекта на глубину свидетельствует и быстрое убывание с высотой его гравитационного эффекта, выясненное при пересчете поля на ряд уровней верхнего полупространства. Обращает на себя внимание большое смещение центра остаточной гравитационной аномалии к северо-западу от центра массива. Эти данные плохо согласуются с представлением о внедрении больших объемов гранитоидных масс, а скорее указывают на область интенсивной гранитизации докембрийских метаморфических пород. Тогда смещение центра локальной гравитационной аномалии, отмеченное выше, свидетельствует, что первичный субстрат был неоднороден. Минимуму аномалии отвечает не центр массива и даже не область максимальной гранитизации, а область развития первично наименее плотных пород, в данном районе слюдистых сланцев и биотитовых гнейсов. Соответственно, остальная масса гранитоидов должна представлять собой продукт гранитизации пород более основного состава. В то же время оказывается, что локальной отрицательной аномалии силы тяжести отвечает и более низкое, в сравнении с остальной частью массива, и более спокойное магнитное поле. Все приведенные данные не дают основания выделить на рассматриваемой площади единый массив гранитоидов интрузивного происхождения. Геофизические данные свидетельствуют о том, что здесь имеются мигматиты, слагающие специфические для докембрия структуры—гнейсо-мигматитовые купола.

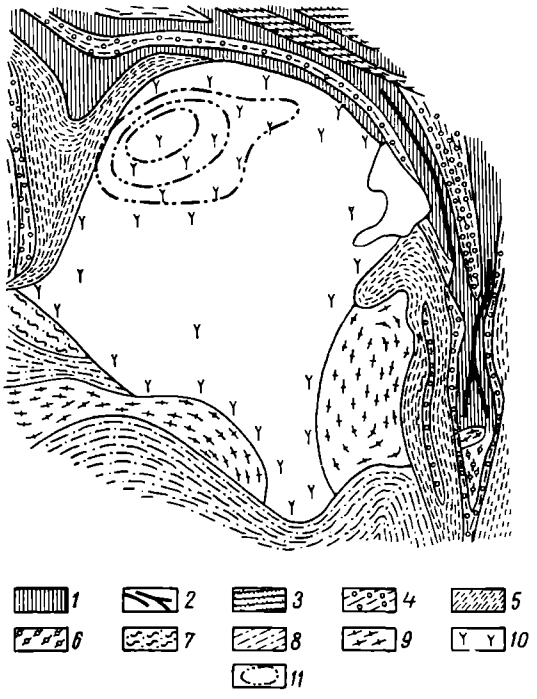


Рис. 1. Геологическая карта участка правобережья р. Печенги (составлена М. А. Гиляровой):

1 — зеленокаменные породы, частью их пирокласты (зеленые сланцы); *2* — тремолитовые, тальк-тремолитовые, актинолитовые сланцы по ультраосновным эффузивам; *3* — филлитовые сланцы; *4* — слюдистые сланцы и кварциты; *5* — сланцеватые амфиболиты; *6* — порфиробластические амфиболиты; *7* — существенно амфиболовые гнейсы; *8* — существенно биотитовые гнейсы; *9* — огнейсованные плагиомикроклиновые граниты; *10* — гранодиориты и диориты; *11* — изолинии отрицательной остаточной гравитационной аномалии

Купольные структуры на территории Советского Союза выявлены ранее в районах северного побережья Ладожского озера [5] и в пределах Украинского кристаллического щита [1, 3]. Эти структуры обычно являются центрами гранитизации и метаморфизма, определяют специфический структурный план больших территорий докембрийских щитов и размещение ряда полезных ископаемых [5]. Изучение их геологического строения является важной и интересной задачей.

Обширная информация об особенностях внутреннего строения куполов, их взаимоотношениях с обрамляющими породами, наконец, о составе первичного субстрата содержится в магнитном поле. Покажем это на конкретном примере (рис. 2).

В пределах контура данного купола проведены короткие прерывистые оси магнитных аномалий, соединяющие точки максимумов ΔT на соседних маршрутах. При проведении осей в основу было положено не равенство аномалий по интенсивности, а сходство формы аномального сигнала, так как форма практически не зависит от изменения мощности и намагниченности отдельных маломощных пластовых тел, создающих магнитные аномалии. Такой подход является наиболее целесообразным, поскольку ни мощность, ни намагниченность отдельных останцов первичных пород, сохранившихся в гнейсо-мигматитовых куполах, по простиранию не выдерживаются. Однако подобие формы аномалий по простиранию выдерживается тоже далеко не во всех случаях. Оно сохраняется лишь до тех пор, пока не происходит резкого изменения простирания. Это следует из аналитического выражения поля ΔT [6]. Изменение формы аномалии в связи с изменением простирания не является препятствием для прослеживания отдельных магнитных тел, залегающих среди немагнитных пород. Однако корреляция аномалий отдельных останцов вулканогенных пород среди мигматитов в условиях сложного чередования магнитных и немагнитных разностей пород в этом случае крайне затруднена. По этой причине на рис. 2 большая часть осей в пределах мигматитов имеет направление, близкое к прямолинейному. Но даже в подобном случае их совокупность создает вполне отчетливое представление о сложном строении и характере складчатости данного купола. В то же время взаимное расположение осей магнитных аномалий в пределах купола позволяет наметить местоположение возможных секущих тектонических нарушений. Часто вдоль разрывных нарушений интенсивно развиваются процессы вторичного окварцевания, здесь же происходит разрушение магнитных минералов, что приводит к падению намагниченности в пределах этих зон. В таком случае зоны отмечаются как линейно ориентированные области потери корреляции магнитных аномалий. По этим признакам в поле мигматитов может быть намечено несколько разрывных структур северо-восточного простирания. Они фиксируют также северо-западный и юго-восточный контакты купола.



Рис. 2. Схема расположения осей магнитных аномалий участка правобережья р. Печенги: *1* — оси магнитных аномалий; *2* — предполагаемы тектонические нарушения

За пределами этих последних нарушений в обрамляющих купол породах известны сланцеватые амфиболиты (рис. 1), в которых наблюдается видимая вкрапленность магнетита. Этим породам соответствуют магнитные аномалии интенсивностью до 800 гамм, характеризующиеся резким горизонтальным градиентом ΔT Вычисленная по ним глубина залегания верхней кромки амфиболитов соответствует высоте полета, что согласуется с малой мощностью развитых здесь четвертичных отложений. Над самим куполом наблюдаются аномалии, характеризующиеся значительно меньшим горизонтальным градиентом, что создает видимость существенно большей глубины залегания вызывающих эти аномалии пород. На самом же деле

останцы магнитных пород и здесь залегают под маломощным чехлом четвертичных отложений, а местами даже обнажены. Представление о сравнительно большей глубине залегания создается за счет того, что у останцов магнитных пород отсутствуют четкие контакты. Внутри купола наблюдается постепенный переход отдельных линз амфиболитов через диориты к гранодиоритам и даже гранитам. Столь же плавно меняется в этом случае и намагниченность, а также интенсивность отдельных магнитных аномалий. В данном случае плавный характер локальных магнитных аномалий указывает не на большую глубину залегания пород, а на постепенное изменение намагниченности, являющееся следствием гранитизации. Отметим, что для вычисления глубины залегания верхней кромки магнитных тел по таким аномалиям не могут быть использованы обычные приемы; здесь должен применяться способ, учитывающий постепенное изменение намагниченности, предложенный А. А. Логачевым [7], применение которого позволило и в этом случае получить глубину залегания верхних кромок магнитных тел, соответствующую высоте полета.

Таким образом, устанавливается равная глубина залегания магнитных пород как в пределах гнейсо-мигматитового купола, так и среди обрамляющих его метаморфических толщ, несмотря на различие в величине горизонтального градиента поля ΔT Особенно важна при этом возможность установить непосредственную связь между двумя типами полей. Так, в районе юго-западной оконечности указанного на рис. 1 и 2 озера отмечается непосредственный переход от магнитных осей, отвечающих аномалиям сланцеватых амфиболитов, к осям, рисующим внутреннее строение купола (рис. 2). Оси с рядом перерывов, объясняемых особенностями складчатой и разрывной тектоники купола, прослеживаются до северо-западной тектонизированной границы купола, и далее на западе их продолжают оси, отвечающие таким же сланцеватым амфиболитам. Тем самым устанавливается, что повышенное магнитное поле купола обязано своим происхождением гранитизационным образованиям по амфиболитам. Область более низкого значения магнитного поля и соответствующий ей локальный минимум остаточной гравитационной аномалии в пределах данной структуры отвечают площади развития гранитизационных образований по слюдистым сланцам. Переходы от кристаллических сланцев и амфиболитов к породам купола на северо-западе и юго-востоке когда-то, видимо, были постепенными, но в настоящее время они выглядят резкими в силу развития более молодых интенсивных разрывных нарушений. На северо-востоке этот переход происходит постепенно, о чем свидетельствует плавное увеличение протяженности осей магнитных аномалий, отмечаемое при движении от центра купола к периферии.

Приведенный пример успешного применения грави- и магниторазведки при выявлении и изучении одной из куполовидных структур, специфических для докембрийских кристаллических щитов, призван иллюстрировать как возможности этих методов при решении такого рода задач, так и некоторые особенности геологического истолкования соответствующих физических полей, наблюдаемых в области развития гранитизационных образований. Учитывая типичность данного примера, можно сделать некоторые более общие выводы.

1. Куполовидные структуры докембрия в целом фиксируются пониженными значениями остаточных аномалий силы тяжести. Однако локальные минимумы соответствуют не центрам структур, а областям развития в пределах структур первично наименее плотных пород, особенно близких по составу к гранитам. Это одна из главных причин часто наблюдаемого несоответствия контуров куполовидных структур и остаточных гравитационных аномалий.

2. Интенсивность магнитных аномалий, наблюдаемых над гнейсо-мигматитовыми куполами и их отдельными участками, отражает не только степень гранитизации, но и первичный состав гранитизированных пород. По этой причине в пределах куполов участкам наиболее низкого магнитного поля соответствуют наиболее низкие значения остаточных аномалий силы тяжести.

3. Низкие значения градиента ΔT, наблюдаемые в области развития гранитизационных образований, во многих случаях указывают не на большую глубину залегания вызывающих их объектов, а на плавное изменение намагниченности. При вычислении глубины залегания верхних кромок таких тел требуются специальные приемы, в частности, может быть использован метод, предложенный А. А. Логачевым [7].

4. Для изучения внутреннего строения гнейсо-мигматитовых куполов могут быть использованы материалы аэромагнитной съемки. Наиболее удобным и наглядным способом представляется составление карты осей магнитных аномалий. Совокупность коротких осей в целом создает представление о характере и местоположении складчатых и разрывных структур внутри купола.

5. Потеря корреляции магнитных аномалий в краевых частях куполов позволяет установить в них наличие более молодых тектонических нарушений. Прослеживание осей вплоть до этих нарушений дает возможность выяснить, по каким именно породам прошла гранитизация, и тем самым восстановить первичный состав неоднородно гранитизированных докембрийских толщ и некоторые черты геологического развития данного участка земной коры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каляев Г. И. Тектоника докембрия Украинской железорудной провинции. Наукова думка, 1965.

2. Крутиховская З. А., Галензовская В. И., Подолянко С. М. Отражение глубинной складчатости в физических полях Западно-Ингулецкой зоны. Геофиз. сб., вып. 16. Наукова думка, 1966.

3. Кужелов Г. К. Геологическая структура докембрия Среднего Побужья по геофизическим данным. Геол. ж. АН УССР, т. XX, вып. 2, 1960.

4. Гиляров а М. А. Стратиграфия и структура Печенги. Изд. ЛГУ, 1967

5. Стрыгин А. И. Гранитизация пород и рудообразование в Украинском щите. В сб. «Геология и перспективы металлоносности докембрия Белоруссии и смежных районов». Наука и техника, 1965.

6. Кратц К. О. Геология карелид Карелии. Изд. АН СССР, 1963.

7 Логачев А. А. Магниторазведка. Недра, 1968.