

РЕЗУЛЬТАТЫ ТРАНСФОРМАЦИЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ВЕРХНЕ-КОНДОМСКОГО РАЙОНА ГОРНОЙ ШОРИИ

И. П. НОВИКОВ, В. К. РОЗМЫСЛОВ

(Представлена научным семинаром кафедры геофизических методов разведки)

Верхне-Кондомский рудный район располагается в Южной части Горной Шории на сопряжении двух крупных структур: Уйменско-Лебедской депрессии и Мрасского антиклинория, которые в процессе своего развития испытывали разнонаправленные тектонические движения.

Главными составными частями стратиграфического разреза района являются отложения протерозойской, кембрийской и девонской систем. Гораздо меньшую роль в геологическом строении исследуемой площади играют ордовикские и юрские отложения, что явилось следствием длительных перерывов в осадконакоплении в истории геологического развития района.

Наиболее крупной интрузией в пределах района является сложно дифференцированный Верхне-Кондомский грано-диоритовый массив, занимающий площадь около 250 кв. км. Вдоль западного и восточного контактов массива проходит Кондомско-Лебедская система разломов. Последние подвижки вдоль этих нарушений проходили в последевонское время, поскольку терригенные отложения девона смещены вдоль западной ветви разломов с амплитудой порядка 50—80 м. Один из разломов восточной ветви осложнен крутой надвиговой структурой. По надвигу кембрийские карбонатные образования надвинуты на терригенные отложения девона. Амплитуда перемещения составляет не менее 2000 м.

При анализе гравитационного поля обращает на себя внимание наличие глубокого минимума ускорения силы тяжести от грано-диоритового массива. На фоне этого минимума зоны разрывных нарушений фиксируются либо высокими градиентами силы тяжести, либо изломами и изгибами изоаномал. Размеры этих аномалий и соответственно аномалиеобразующих структур и их конфигурации и положение в плане, ввиду наложения на них поля интрузивов много раз большей интенсивности, на карте изоаномал установить не представляется возможным. Как известно, в потенциальных физических полях, к каковым относится и гравитационное поле, действует принцип суперпозиции. Это означает, что наблюдаемое нами поле силы тяжести представляет собой ал-

гебраическую сумму эффектов, обусловленных различными геологическими факторами, то есть действием нескольких геологических объектов, отличающихся друг от друга по плотности, форме, размерам и глубине залегания. Одни из этих объектов имеют региональный характер и действие их прослеживается на больших площадях, другие имеют локальный характер (рудные тела, локальные структуры и т. п.) и следствие их прослеживается на ограниченных площадях. Часто при наличии одного регионального объекта имеется несколько локальных.

При анализе и истолковании гравитационных полей, в которых действует принцип суперпозиции, возникают большие трудности, связанные с необходимостью нахождения так называемых «чистых аномалий», представляющих тот или иной геологический интерес. Для нахождения подобных аномалий необходимо знание всех слагающих, входящих в суммарное поле силы тяжести, для чего необходимо использовать все имеющиеся физико-геологические данные (плотность, размеры и глубину залегания изучаемых геологических объектов) путем решения прямой задачи.

Решение обратной задачи в настоящее время как в Советском Союзе, так и за рубежом, осуществляется в больших масштабах с помощью разделения полей. Задача разделения полей в общем виде сводится к увеличению отношения «сигнал-помеха» и состоит из следующих частных задач:

- 1) подавление случайных ошибок измерений и аномальных эффектов, вызванных поверхностными неоднородностями;
- 2) выделение регионального поля;
- 3) ослабление регионального поля и выделение остаточных (локальных) аномалий;
- 4) вычисление производных силы тяжести.

Математическое выражение для подавляющего большинства преобразований можно записать в следующем виде:

$$Vz(x, y, 0) \text{ трансф.} = \frac{1}{Q^n} \int_{-S}^S \int_{-L}^L Vz[(\rho-x), (\eta-y), 0] \rho(\rho, \eta) d\rho \cdot d\eta,$$

где $Vz(x, y, 0)$ — трансформаторная функция;

$Vz[(\rho-x), (\eta-y), 0]$ — исходная функция;

ρ, η — текущие координаты;

$\rho(\rho, \eta)$ — весовая функция;

Q^n — коэффициент, играющий роль размерности.

Следует заметить, что задачей выделения из общего аномального поля регионального и локального полей занимались и продолжают заниматься многие геофизики, исходя из различных теоретических позиций. Геофизикам хорошо известны способы, базирующиеся на исключении из общего поля регионального эффекта, полученного путем осреднения или пересчета вверх наблюдаемых полей, графические способы, способы, основанные на использовании методов корреляции, теории случайных функций и т. д.

Все эти способы в своей основе имеют формально поставленные условия и целесообразность применения некоторых из них представляется проблематичной. Иного рода является способ, основанный на перечислении аномалий в высшие производные. Полученные в итоге поля имеют смысл функций, аналитические свойства которых хорошо известны и могут быть использованы при геологической интерпретации. Важное значение имеет и такое свойство: влияние линейного регионального фона исключается полностью, а квадратичный фон сводится к постоянной.

Кроме того, применение производных при обработке и интерпретации гравиметрических данных позволяет глубже осмыслить аналитические свойства аномальных полей и в некоторой мере преодолеть трудности, связанные, например, с неумением выделить и исключить сторонние влияния (Маловичко, Тарунина, 1972).

Как указывалось выше, преобразование гравиметрических аномалий производится многими способами, при применении каждого из которых приходится делать те или иные допущения о характере разделяемых полей на основании геологических соображений. При анализе и обработке гравитационного поля Верхне-Кондомского района нами сделаны следующие два типа допущения.

1. Региональная составляющая гравитационного поля района изменяется по линейному закону, как и составляющие, обусловленные действием соседних локальных геологических объектов. При этом типе допущения нами произведено осреднение поля и вычисление остаточных аномалий.

2. Составляющие гравитационного поля изменяются не по линейному, а по более сложному закону: рациональных дробей, полиномов и др. При этом типе допущения нами произведены вычисления третьей производной гравитационного потенциала по оси x — V_{xxxx} , второй производной по оси z — V_{zz} и вычислены вариации поля силы тяжести σV_z по способу Б. А. Андреева (Андреев, Клушин, 1962).

Из анализа трансформированных полей следует, что наибольшим распространением на площади исследуемого района пользуются поля отрицательных значений σV_z и $V_{лок}$ и высших производных. На фоне этих полей выделяются участки положительных и интенсивных отрицательных значений σV_z , V_{zz} , V_{xxx} и остаточных полей. Положительные поля, как правило, имеют распространение площадного характера. Природа этих аномалий устанавливается почти однозначно: все они пространственно совпадают с полями распространения кембрийских эффузивных образований мрасской, кабырзинской и кондомской свит, осадочных пород протерозоя и диоритов массива. Все перечисленные выше породы, над которыми получены положительные поля, в сравнении с интрузивными образованиями имеют относительно повышенную и высокую плотности.

На границе положительных и отрицательных полей почти повсеместно наблюдаются высокие градиенты. Подобные градиенты свидетельствуют либо о наличии значительной разницы в плотностях граничащих пород (углы падения могут быть и пологими), либо о наличии вертикальных контактов структур значительной мощности при небольшой избыточной плотности. Значительной разницы в плотностях пород района не наблюдается, поэтому первое предположение само собой отпадает. Второе предположение не противоречит геологическим данным. На большей части района буровыми и горными работами установлено развитие крутопадающих структур с углами падения $70-90^\circ$.

Поля отрицательных значений $\sigma V_{лок}$, V_{zz} , V_{xxx} , и σV_z по своей форме, размерам и взаимному расположению резко отличаются от положительных. Это в большинстве своем узлокальные, линейно-вытянутые зоны. Направление простирания почти всех зон субмеридиальное.

Протяженность большинства зон довольно значительная от 3—5 до 10—12 км и больше. Мощность зон находится в некоторой зависимости от их протяженности: более протяженные зоны имеют большую мощность и наоборот. Взаимосвязи линейно-вытянутых зон с какими-либо литологическими и возрастными разностями пород не наблюдает-

ся: одни и те же зоны могут проходить не только, например, по осадочным породам, но и эффузивным образованиям, причем как в полях их развития, так и по контактам между ними. Отсутствие такой связи, значительные протяженности зон и повышенная интенсивность полей в их пределах почти однозначно свидетельствует о том, что происхождение этих зон тесным образом связано с тектонической деятельностью.

Плотность горных пород, как известно, изменяется в широких пределах. Эти изменения плотности пород обусловлены различными факторами. Такими факторами являются минералогический и химический состав главных породообразующих минералов, структурно-текстурные особенности, геостатическое давление, колебательные движения, выражающиеся в образовании интенсивно дробленных пород, и физико-химические процессы. Имеющийся по Верхне-Кондомскому району геолого-геофизический материал позволяет констатировать, что первые два фактора в пределах развития одной и той же разновидности пород на плотность последних как в плане, так и в разрезе оказывают незначительное влияние. Геостатическое давление в основном проявляется в низах девонских отложений Казаньского грабена, ведущее к уменьшению пористости этих пород. Этот процесс в свою очередь сопровождается незначительной перекристаллизацией пород и повышением их плотностей.

Тектоническая же трещиноватость, дробление и катоклаз пород на рассматриваемой площади проявлены довольно широко. Как правило, на участках проявления тектонических дислокаций породы подвергнуты гидротермальной проработке. Гидротермальные же изменения, например, интрузивных пород почти всегда сопровождаются выносом вещества, образованием минералов малой плотности с увеличением пористости. Уменьшение плотности часто достигает 10—20%.

Гидротермальные-метасоматические изменения эффузивных пород так же, как и интрузивных, приводят к уменьшению плотности, нередко составляющей величину порядка 0,1—0,2 г/см³ и понижению магнитной восприимчивости.

Исходя из имеющихся данных, есть все основания предполагать, что по большинству зон тектонической трещиноватости и дробления пород (особенно в пределах пород интрузивного массива) селективно развивалась кора выветривания. Преобразования же пород в коре выветривания обычно характеризуются понижением плотности этих пород, вызванными физико-механическими и геохимическими процессами. Первые характеризуются сильным дроблением пород, увеличением трещиноватости и пористости и усиленным проникновением в трещины и поры либо грунтовых вод, либо газовых эмонаций. С геохимической точки зрения хорошо проработанная кора выветривания пород характеризуется образованием и широким развитием в ней дисперсно-коллоидных систем с большой удельной поверхностью, то есть с очень большой микропористостью и малой плотностью. Процессы выветривания особенно характерны для гранитоидов. Под действием этих процессов происходит микроклинизация пород и значительное увеличение их плотности с соответствующим понижением плотности до 2,4—2,3 г/см³. (Андреев, Клушин, 1962).

Наложение и совокупность описанных геологических факторов в зонах тектонической деятельности вызвали такое уменьшение плотности в этих зонах, что последние, несмотря на свои относительно небольшие размеры (имеется в виду ширина зоны), нашли отражение в гравитационном поле района. Следует отметить, что на карте силы тяжести

рассматриваемые линейно-вытянутые зоны выделяются очень слабо или вообще незаметны. Поле g_a в их пределах обычно осложнено влиянием окружающих масс. Наличие этих зон, их конкретные границы и размеры в плане устанавливаются лишь в результате произведенных нами трансформаций исходного поля g_a в поле высших производных. Конечно, из этого нельзя делать вывод, что в результате пересчетов мы в наши данные принесли что-то новое. Полученные при перечислениях поля высших производных и остаточных аномалий ничего принципиально нового не содержат в сравнении с исходной картой g_a . Путем пересчета лишь подчеркнуты одни особенности первичного поля g_a и подавлены, исключены другие, не имеющие практического интереса.

Кроме положительных аномальных полей площадного характера и линейно-вытянутых отрицательных зон, на фоне последних в пределах площади изучения выявлен ряд отрицательных аномалий, имеющих в плане изометрическую форму. Интенсивность этих аномалий во всех случаях выше, чем интенсивность полей площадного характера и линейно-вытянутых зон. Границы их, как правило, четкие и отмечаются высокими градиентами. Для этих полей характерна приуроченность их и тесная связь с линейно-вытянутыми зонами отрицательных полей. Возникновение подобных аномальных участков в пределах отрицательных зон, например, в местах их пересечения или сопряжения с другими нарушениями иного направления простирания, проблематично. Размеры этих аномалий в плане, их форма и интенсивность такое предположение отрицают. Нами природа этих аномалий объясняется наличием тел малых интрузий кислого состава, причем возраст их, видимо, более молодой, чем возраст пород основного гранитоидного массива, а относится, вероятно, ко времени мезозойской тектонической активности региона.

Последняя, несомненно, (о чем свидетельствуют многочисленные фондовые материалы ЗСГУ) сопровождалась активизацией магматических очагов. Кислые разности пород, как известно, имеют среди интрузивных образований наименьшую плотность. Гравитационные поля от таких тел по отношению к полям вмещающей среды будут иметь отрицательный знак. Алгебраическая сумма этих полей и полей линейно-вытянутых зон (оба поля имеют один и тот же знак) обусловили наличие отрицательных аномалий изометрической формы. При сопоставлении геолого-структурной схемы по геофизическим данным с геологической основой района во многих местах устанавливается тесная связь рассматриваемых аномалий с выходами закартированных пород кислого состава.

Может возникнуть вопрос: не являются ли установленные тела малых интрузий фаціальными разностями гранитоидного массива. Такое предположение, по-видимому, в некоторых случаях является достоверным. Но в этих случаях границы фаціальных разностей пород, во-первых, должны быть нечеткими, размытыми; во-вторых, эти тела имеют место и в поле развития чистых гранитов интрузивного батолита.

ЛИТЕРАТУРА

В. А. Андреев, И. Г. Клущин. Геологическое истолкование гравитационных аномалий. Гостоптехиздат, 1962.

А. К. Маловичко, О. Л. Тарунина. Высшие производные гравитационного потенциала и их применение при геологической интерпретации аномалий. Изд. «Недра», 1972.

Сб. «Вопросы обработки и интерпретации геофизических наблюдений», № 9, 10, Уч. зап. Пермск. ун-та, 1971, 1972.