

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕЗОЗОЙСКИХ ИНТРУЗИВОВ ГРАНИТНОГО СОСТАВА

Подавляющее большинство известных в Восточном и Центральном Забайкалье месторождений и рудопроявлений редких металлов (вольфрам, олово и др.) пространственно и генетически связано с мезозойскими интрузиями гранитного состава. Обычно месторождения приурочены или непосредственно к интрузивному телу, или располагаются на его

контакте с вмещающими породами, или удалены от интрузива на сравнительно небольшое расстояние. Подобная связь вызывает особый интерес к форме мезозойских интрузивов, к изучению их частей, не вскрытых в современном эрозионном срезе. Некоторую помощь в этом вопросе могут оказать геофизические методы разведки.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЗОЗОЙСКИХ ИНТРУЗИВОВ

Мезозойские интрузии, развитые на территории Агинского песчано-сланцевого массива, являются одним из самых поздних проявлений

плутонической деятельности в рассматриваемом районе. Здесь имеются в виду только гранитные интрузивы, относимые в настоящее

время большинством геологов к харалгинскому и кукульбейскому комплексам. Обычно центральные части интрузивов представлены гранитами с несколько повышенным содержанием кремнезема и щелочей (особенно K_2O). В некоторых интрузивных телах наблюдается повышение основности у контактов с вмещающими породами, которое может быть объяснено процессами ассимиляции. Повышение основности приконтактных частей заходит иногда настолько далеко, что образуются кварцевые диориты и монзониты. Для ряда гранитных массивов характерны процессы автотетасоматоза, выражающиеся в альбитизации и грейзенизации.

Контакты мезозойских интрузивных тел с вмещающими породами всегда эруптивные.

Из-за общей бедности темноцветными минералами большинство этих гранитов практически немагнитно, что не позволяет применить для их изучения магниторазведку. Только над интрузивами, у которых приконтактные части значительно базифицированы, наблюдаются магнитные аномалии. Но так как относительный объем средних и основных пород в интрузивном теле невелик, практически невозможно выяснить его форму и размеры при помощи магнитометрии.

Плотность мезозойских гранитов составляет 2,55—2,58 г/см³. Плотность вмещающих пород (песчано-сланцевые толщи палеозоя) составляет 2,65—2,68 г/см³. Такова же плотность и палеозойских плагиогранитов.

Удельный недостаток масс мезозойских гранитов по отношению к вмещающим породам составляет величину около 0,1 г/см³. Подобный недостаток плотности при сравнительно больших размерах интрузивных тел способен создавать интенсивные гравитационные минимумы, что и наблюдается в действительности. Этот факт позволяет применить для изучения мезозойских интрузивов, рвущих палеозойские толщи, метод гравитационной разведки. Некоторый опыт по применению гравиметрии для подобных целей уже существует. Так, Ю. В. Юнаковская и Н. Н. Дистанова (3) проводят примеры определения формы интрузивов из отечественной практики (Казахстан, Карелия), а также ссылаются на некоторые работы зарубежных геофизиков.

МЕТОДИКА ИНТЕРПРЕТАЦИИ АНОМАЛИИ

Аномалии силы тяжести над гранитными телами представляют собой изометричные или слабо вытянутые в одном направлении минимумы. Применение критерия, предложенного Юньковым А. А. (4), показывает, что даже са-

мые вытянутые аномалии следует интерпретировать как аномалии, принадлежащие трехмерным телам. В этом случае целесообразно решать обратную задачу методом подбора по палеткам, предложенным Тяпкиным К. Ф. (2). Уподобляя тело горизонтальному цилиндру произвольного сечения, ограниченному по простиранию вертикальными плоскостями, мы получаем в результате расчетов представление о форме одного из сечений тела. Выбор палетки, учет неравного удаления расчетного профиля от концов тела, а также учет влияния соседних тел производились способами, описанными Тяпкиным К. Ф. (2). На полученных разрезах сечение интрузивного тела проектировалось на линию расчетного профиля. Проводя плавную кривую через проекции границ тела на поверхность земли, мы получали представление о размерах интрузива в плане.

Нормальное поле графиков силы тяжести определялось следующим образом. По карте «регионального» фона, полученной методом осреднения, определялось направление изоманомал «регионального» поля. По этому направлению снимался основной расчетный профиль или несколько параллельных профилей с карты аномалий Буге. В этом случае закон изменения «регионального» поля можно считать линейным. Обычно обе ветви графика аномалий Буге выходили на близкие уровни в спокойном поле при достаточном удалении от эпицентра аномалии.

На графике дополнительного (перпендикулярного) профиля, в точке пересечения его с основным профилем от наблюдаемой кривой откладывалось вверх значение локальной аномалии, полученной по основному профилю. Найденная таким способом точка на графике аномалии близка, по-видимому, к значению «регионального» поля. В случае сложного поля, значения «чистой» локальной аномалии определялись по нескольким профилям, параллельным основному. За график «регионального» поля принималась плавная линия, проведенная через полученные точки и выходящая на значения наблюдаемой кривой силы тяжести, достаточно удаленные от эпицентра аномалии. Автор настоящей статьи считает, что данный (графический) способ является самым надежным при значительной величине локальных аномалий.

Удельный недостаток масс принимался равным —0,1 г/см³ и —0,08 г/см³. Положение выходов гранитов на поверхность земли снималось с геологических карт и подбор производился без существенных изменений положения выходов. Таким образом, контур массива гранитов

оказывался как бы закрепленным в нескольких точках, на него налагались дополнительные «граничные условия», что несколько повышало достоверность определения конфигурации всего контура.

Результаты интерпретации методом подбора проверялись путем подсчета глубины до центра аномальных масс тела интегральным методом с пересчетом вертикальной составляющей силы тяжести в горизонтальную. Предварительно задача сводилась к двумерной путем интегрирования аномалий по профилям, перпендикулярным расчетному направлению. Приемы интерпретации интегральным (прямым) методом изложены Тяпкиным К. Ф. (2).

Расчетное направление задавалось параллельно изолиниям «регионального» поля, но «региональный» фон специально не учитывался. Использовать прямой метод в условиях сложного поля, при наличии влияния соседних тел, весьма рискованно. Поэтому автор ограничился применением этого метода только для трех гранитных массивов (Урдо-Таптанайского, Адун-Челонского и Бугунтуевского) из шести, рассмотренных ниже.

АНАЛИЗ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

Рассмотрим этот вопрос на примере Урдо-Таптанайского массива. Глубина до центра тяжести, полученная прямым методом, составляет 4,4 км. При решении задачи методом подбора оказалось, что, несмотря на известную аномальную плотность гранитов и известное положение его выходов на поверхность, контуры тела подбираются неоднозначно (подбор проводился в пределах точности съемки). Возможные варианты интерпретации приведены на рис. 1. Однако все рассчитанные варианты характеризуются некоторыми общими чертами. Центр тяжести у всех тел, изображенных на рис. 1, располагается на глубине от 4,3 до 5 км. Глубины эти с точностью до 10% равны величине, рассчитанной прямым методом. Площадь поперечного сечения тела на разрезах колеблется от 73 до 78 км², то есть одинакова с точностью до 10%.

С точки зрения физической сущности интерпретации все варианты равноценны. Выбрать наиболее достоверный мы можем только исходя из геологических данных. Вариант «в», по-видимому, должен быть отброшен, так как форма тела, изображенного здесь, не характерна для гранитных интрузий. Вероятность существования варианта «г» невелика, так как подобная форма могла бы существовать в том случае, если бы наблюдалось согласие между

границами интрузивного тела и складчатыми структурами района. Геологические же наблюдения четко устанавливают дискордантность мезозойских интрузивов по отношению к палеозойским складчатым толщам. По нашему мнению, наиболее вероятными являются варианты «а» и «б». Исходя из этих соображений, для других гранитных интрузивов мы ограничились только одним вариантом подбора. При этом предполагалось, что тело имеет наиболее простую конфигурацию.

Окончательно решить вопрос о форме конкретных тел возможно только путем сочетания геофизических методов с методами структурного картирования. Поэтому приводимые ниже разрезы и планы мезозойских интрузивов следует рассматривать как один из возможных вариантов истолкования физического поля. Нетрудно видеть, что, ограничиваясь вариантом типа «а», мы получаем минимально возможные горизонтальные размеры тела, а следовательно, и минимальную площадь его проекции на дневную поверхность.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

В процессе геологического картирования в районе пос. Дульдурга оконтурены Саханайский, Зун-Ундурский гранитные массивы и еще несколько мелких выходов гранитов.

Результаты интерпретации показывают, что все эти массивы представляют собой выходы на поверхность единого крупного интрузивного тела. На рис. 2 показаны рассчитанные разрезы через данное тело по линиям АВ, ЕФ, ГН. На рис. 3 показано его положение в плане.

К северо-востоку от данного интрузива расположен небольшой выход гранитов, известный под названием Урдо-Таптанайский гранитный массив. Результаты расчетов, изображенные на рис. 2 и 3 (профили CD и EF) показывают, что в действительности тело гранитов имеет значительные размеры, а в эрозионном срезе обнажается только его верхняя часть.

Саханайский интрузив вытянут в юго-восточном направлении. Почти на продолжении этого направления, в промежутке между Саханайским и Дурулгуевским интрузивами, наблюдается интенсивный гравитационный минимум, несколько осложненный в центральной части, где на поверхность выходит небольшое тело диоритов. На остальной площади минимума развиты метаморфизованные осадочные породы верхнего палеозоя.

Анализ плотностей различных литологических комплексов показывает, что в данной

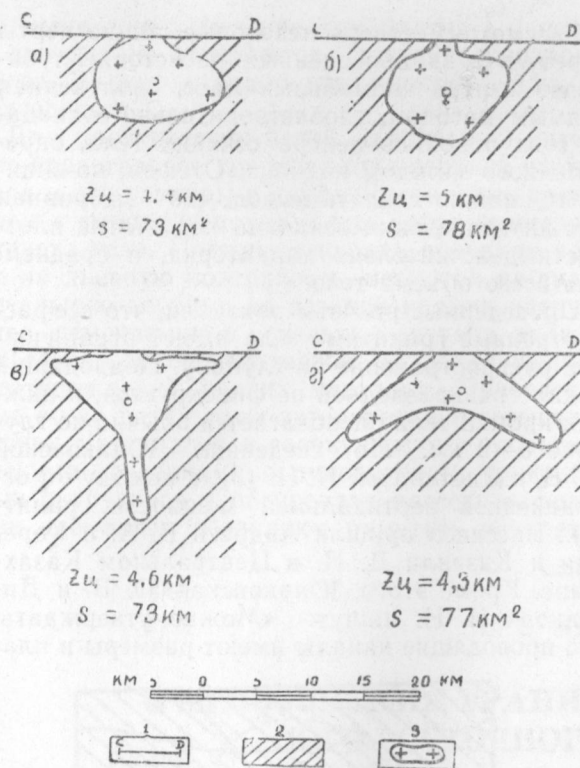


Рис. 1. Варианты расчетов по профилю СД:
1 — расчетный профиль; 2 — вмещающие породы; 3 — мезозойские граниты

геологической обстановке подобную локальную аномалию может вызвать только тело гранитов, не вскрытое эрозией. Расчеты выполнены с учетом влияния небольшого тела диоритов, расположенного, по-видимому, в апикальной части интрузива. Результаты интерпретации изображены на рис. 4.

Обращает на себя внимание поведение русла р. Онон. Русло реки подходит с запада вплотную к рассчитанному контуру гранитного массива, затем поворачивает на север и огибает его. Это явление, по всей вероятности, объясняется тем, что вокруг интрузива в результате контактового метаморфизма (ороговикования) образовалась зона пород повышенной стойкости к выветриванию.

Совокупность геофизических, геологических и геоморфологических данных убеждает нас в реальном существовании крупного тела гранитов, не вскрытого в современном эрозионном срезе.

Расчеты по Хангилай-Шилинскому гранитному массиву показывают, что интрузивное тело имеет в разрезе несколько уплощенную по вертикали форму. Глубина до его нижней кромки составляет 5,5 км, размеры в плане $12 \times 12 \text{ км}$. В эрозионном срезе обнажена

только небольшая верхняя часть интрузива. Контакты с вмещающими породами полого погружаются на юг и на восток от его выходов на поверхность, что хорошо подтверждается геологическими наблюдениями.

В 1960 году появилась работа Аристов В. В., Ляхова Л. Л. и др. (1). На основании качественной интерпретации гравиметрических материалов (количественные расчеты не проводились), а также на основании количественной интерпретации вертикальных электрических зондирований с $AB=2000 \text{ м}$, эти авторы полагают, что «...есть основание считать массивы Адун-Челонский и Шерловогорский самостоятельными телами до глубины свыше 1000 м от современной поверхности». Количественные расчеты, выполненные автором настоящей статьи, показывают, что эти массивы все же соединяются, но максимальное погружение кровли интрузива в районе их соединения достигает 2-х км. Интрузив резко вытянут в северо-восточном направлении, его северо-западный и юго-восточный контакты близки к вертикальным. Конфигурация тела позволяет предполагать, что оно приурочено к зоне разлома, протягивающегося в северо-восточном направлении. На продолжении этого наруше-

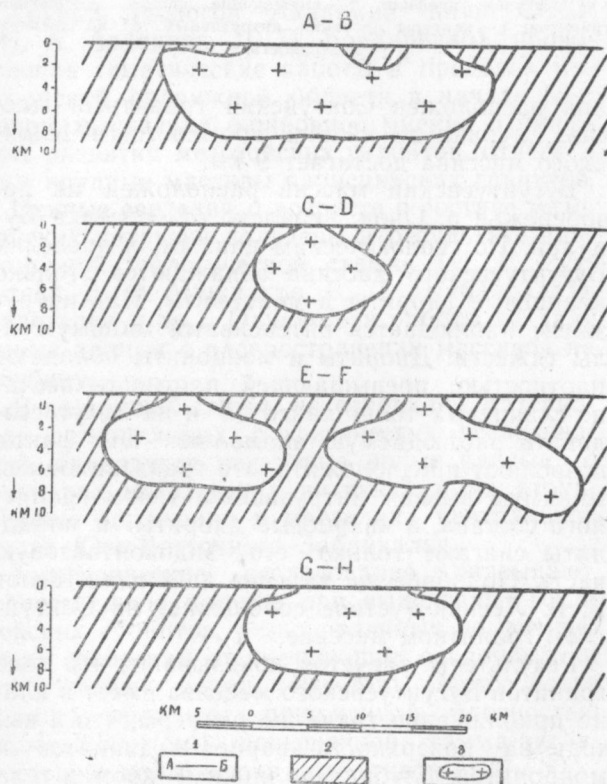


Рис. 2. Интерпретационные разрезы по группе интрузивов в районе пос. Дульдурга:
1 — расчетные профили; 2 — вмещающие породы; 3 — граниты



КМ 5 0 5 10 15 20 КМ

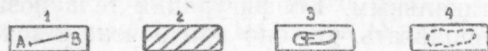


Рис. 3. План расположения гранитных интрузивов в районе пос. Дульдурга:

1 — расчетные профили; 2 — вмещающие породы; 3 — выходы гранитов; 4 — контуры проекции интрузивных тел на дневную поверхность.

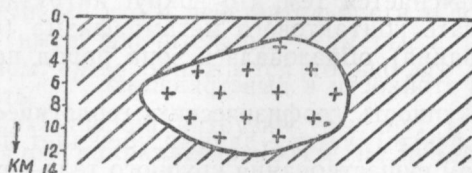
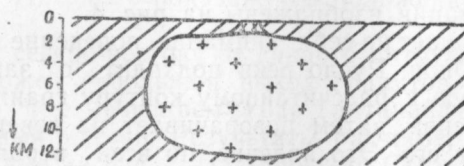
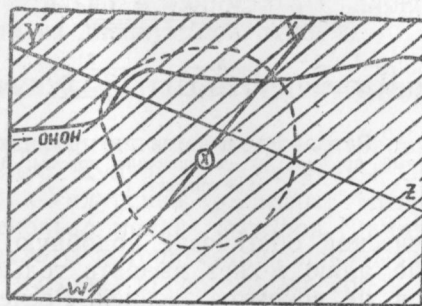
ния расположен Соктуйский гранитный массив. Глубина до нижней кромки Адун-Челонского массива достигает 9 км.

Бугунтуевский массив расположен на левобережье р. Онон, недалеко от поселка Будулан. По геологическим данным, в пределах Бугунтуевского массива обнажаются только кварцевые диориты и монцониты. Над интрузивом наблюдается интенсивный минимум силы тяжести. Диориты и монцониты обладают плотностью, превышающей плотность песчано-сланцевых толщ палеозоя и не могут создавать наблюдаемую аномалию. Эти факты позволяют предположить, что гравитационный минимум вызван интрузивным телом гранитного состава, а кварцевые диориты и монцониты слагают только его, эндоконтактовую часть. Подобное же явление наблюдал геолог Р. В. Лесняк (устное сообщение) на Соктуйском гранитном массиве.

Результаты расчетов показывают, что тело гранитов Бугунтуевского массива имеет в плане приблизительно такие же размеры, что и выходы на поверхность кварцевых диоритов и монцонитов. Глубина до нижней кромки тела достигает 7 км, а мощность покрывки диоритов и монцонитов не превышает первых сотен метров.

Рассмотрим теперь некоторые общие черты в результатах проведенных расчетов. Глубина до центра аномальных масс, полученная прямым методом, удовлетворительно совпадает с глубиной до центра сечения тела, определенного методом подбора. Отсюда, по-видимому, можно сделать вывод, что выбранная для интерпретации величина недостатка плотности действительно характерна, в среднем, для всего объема тела.

Проведенные расчеты показали, что все рассмотренные гранитные тела имеют ограниченное распространение на глубину. Подводящий канал гравиразведкой не фиксируется, и нижняя кромка тела располагается обычно на глубине 6—9 км. По сведениям Юнаковской Ю. В. и Дистановой Н. Н. (3), к выводу об ограниченной вертикальной мощности гранитных массивов пришли Андреев Б. А. в Карелии и Казанли Д. Н. в Центральном Казахстане. Кроме этого, Юнаковская Ю. В. и Дистанова Н. Н. пишут: «Можно утверждать, что проводящие каналы имеют размеры в пла-



КМ 5 0 5 10 15 20 КМ

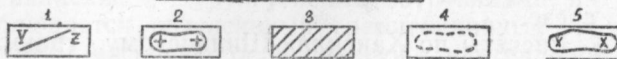


Рис. 4. Результаты интерпретации по «слепому» гранитному массиву:

1 — расчетные профили; 2 — вмещающие породы; 3 — граниты; 4 — контуры проекции гранитного массива на дневную поверхность; 5 — диориты.

не значительно меньшие, чем массив в целом, и поэтому не отмечаются в гравитационном поле». Видимо, с подобным выводом можно согласиться.

Для практических целей наибольший интерес представляет конфигурация верхней части тела и его размеры в плане. Рудоносные растворы и эманации поднимались вверх от интрузивного тела. Поэтому площадь проекции тела на дневную поверхность, несмотря на значительную глубину до верхней кромки интрузива, отмечаемую в отдельных случаях, должна считаться перспективной на обнаружение месторождений редких металлов. Приведенные выше результаты интерпретации геофизических материалов в совокупности с геологическими сведениями о рудоносности конкретных интрузивов и об ореолах рассеяния редких элементов позволяют наметить конкрет-

ные площади для постановки поисковых работ среднего и крупного масштабов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аристов В. В., Ляхов Л. Л., Королев Б. Н., Кадыров И. И. Сочетание геологических и геофизических методов при изучении известных рудных районов. Госгеолтехиздат, Москва, 1960 г.

2. Тяпкин К. Ф. Интерпретация гравитационных аномалий, обусловленных конечными по простиранию геологическими объектами. Госгеолтехиздат, Москва, 1961 г.

3. Юнаковская Ю. В. и Дистанова Н. Н. Об изучении гранитных интрузий методами геофизики (на примере Центрального Казахстана). Сб. «Принципы геологического картирования интрузивных и эффузивных формаций»... Госгеолтехиздат, Москва, 1960 г.

4. Юньков А. А. Классификация аномалий Δ д. Сб. «Геофизическая разведка», № 3. Госгеолтехиздат, Москва, 1961 г.