

ХАРАКТЕРИСТИКА БАЛЕЙСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ С ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

И. П. НОВИКОВ

(Представлена научным семинаром кафедры геофизических методов разведки)

В пределах площади Балейского грабена локализируются два крупных золоторудных месторождения — Балейское и Тасеевское. Задаче поисков и разведки оруденения балейского и тасеевского типов подчинены почти все виды геофизических исследований, проводимые на площади рудного поля. Исключение составляют лишь ревизионные работы на урановое сырьё и не получившие в прошлые годы сколь-нибудь существенного развития работы гидрогеологического характера, связанные с исследованием источников водоснабжения. Поэтому к числу важнейших геофизических особенностей месторождения, определяющих его тип с точки зрения возможности применения геофизических методов поисков и разведки относятся те его признаки, которые способствуют или препятствуют решению следующих геологических задач:

- 1) литологическое картирование осадочных пород грабена в плане и разрезе;
- 2) выявление и прослеживание тектонических нарушений как в пределах осадочных пород грабена, так и в магматогенных образованиях его окаймления и фундамента;
- 3) выявление и прослеживание рудных тел или хотя бы геологических структур, благоприятных для локализации оруденения;
- 4) возрастная корреляция геологических образований в пределах грабена и его окаймления.

К числу условий, определяющих возможность решения этих задач, относятся в первую очередь условия залегания объектов, способных вызывать геофизические аномалии: размеры и форма тел, элементы залегания, мощность перекрывающих толщ. Другая группа условий, также имеющая решающее значение, относится к дифференциации физических свойств объектов, вызывающих аномалии, и вмещающих и перекрывающих их пород. Не менее важна также выдержанность в плане и в разрезе (в пределах объекта поисков) и повторяемость типичных геометрических и физических характеристик этих объектов (от одного объекта к другому). Наконец, представляет существенный интерес наличие устойчивых корреляционных связей между возрастом геологических образований и их петрографических особенностей, хотя бы для сходных фаций.

Рудные тела Балейского месторождения следует характеризовать как весьма маломощные крутопадающие кварцевцевые жилы, залегающие в магматогенных породах бортов грабена, приуроченные к ослабленным тектоническим зонам дробления. Жилы удовлетворительно выражены по простиранию, но сильно изменяют свою мощность и конфигурацию в разрезах вкрест простирания (наличие раздувов, пережимов, переходов в проводники, виргаций на прожилки, присутствие системы сближенных жил, спутников, апофиз; переменная мощность и интенсивность зоны скольжения окварцевания). Жилы устойчиво отличаются от вмещающих пород лишь по величине пьезомодуля (в несколько раз). В отношении других свойств (магнитности, плотности, удельного сопротивления, радиоактивности) различия жил и вмещающих пород в отдельных случаях могут быть весьма значительны, однако они очень неустойчивы, варьируя в обе стороны от равенства в больших пределах, в зависимости от состава жил и вмещающих пород. Выявление таких жил возможно лишь с помощью каротажных исследований, петрофизических измерений и, возможно, весьма высокоточными крупномасштабными съёмками на участках с мощностью перекрывающих толщ, соизмеримой с мощностью рудного тела. Последнее условие выполняется на месторождении весьма редко. В типичном для Балей геолого-геофизическом разрезе мощность перекрывающих толщ превышает мощность жил в 5 и более раз, что делает невозможным поиски этих рудных тел полевыми геофизическими методами даже в случае наиболее благоприятной дифференциации по физическим свойствам (кроме пьезомодуля). Другой причиной, затрудняющей поиски жил на Балее, является крайняя неоднородность по физическим свойствам перекрывающих выходы рудных тел толщ (главным образом, аллювиальных и элювиально-делювиальных наносов), связанная с изменчивостью их состава. Дифференциация свойств различных по составу наносов соизмерима с различиями свойств жил и вмещающих пород, а порою превосходит последние, что в особенности сказывается на результатах электроразведки, магнитометрии и радиоактивных методов, а также метода ПЭЭФ в наземном варианте. Изменение мощности рыхлых наносов нередко составляет десятки и сотни процентов на первых десятках метров, что особенно затрудняет интерпретацию данных электроразведки и частично гравиразведки. Наконец, весьма существенной трудностью применения всех видов геофизических методов является отсутствие на месторождении устойчивой и типичной картины аномалий, отмечающих рудные тела.

Оруденение тасеевского типа в геофизическом отношении отличается от балейского, главным образом тем, что жилы на этом месторождении локализуются в терригенных осадочных породах. В отношении конфигурации рудных тел условия на Тасеево ещё более сложны, чем на Балее, так как жилы, будучи очень неустойчивы как по простиранию, так и по падению, вдобавок ещё сильно разрушены постройными тектоническими подвижками.

Мощность перекрывающих толщ на Тасеевском месторождении также много выше, чем на Балейском. Жилы во всех случаях оказываются перекрытыми аллювием р. Унды, мощность которого нередко достигает 50 м, кроме того большая часть рудных тел не выходит непосредственно под аллювиальные отложения — минерализация по рудонесным трещинам нередко затухает на глубинах порядка первых десятков метров ниже поверхности денудационного среза конгломератов. Вследствие этого, даже для жильных зон и зон окварцевания мощностью порядка 10 м, мощность перекрывающих толщ превышает собственные поперечные размеры жил в несколько раз. Учитывая, что

столь мощные рудные тела встречаются на Тасеево весьма редко, а обычно мощность жил не превышает первых метров, следует констатировать, что для месторождения характерно пяти-десятикратное превышение мощности перекрывающих толщ над мощностью жил.

Дифференциация свойств рудных тел и окружающих пород на Тасеево также характеризуется чертами, аналогичными балеиским. Более отчетливо, по-видимому, выступают различия пьезомодулей жильного кварца и вмещающих пород. Изменчивость же соотношения магнитности, плотности, радиоактивности и электропроводности между материалом жильного выполнения и меловыми терригенными породами становится ещё более значительной вследствие фациальной пестроты последних. Об устойчивости форм аномалий, вызываемых оруденением тасеевского типа, говорить вообще не приходится, поскольку ни одна из известных нам электроразведочных и магнитных аномалий на рудном поле достоверно отнесена за счёт оруденения быть не может, а по данным каротажа рудные интервалы выявляются крайне нечетко.

Всё это позволяет охарактеризовать оруденение Тасеевского типа как почти недоступное для прямых поисков с поверхности и крайне сложное для выявления в разрезе скважин геофизическими методами, вследствие весьма большой глубины залегания и неустойчивой дифференциации физических свойств горных пород и руд.

Возможность поисков и трассирования крутопадающих тектонических нарушений в пределах осадочных пород на месторождении не ясна, так как методика проведенных в прошлые годы геофизических работ не отвечала требованиям, предъявляемым этой задачей. Можно лишь утверждать, что задача эта представляется весьма сложной, требует применения комплекса методов и решение её, если возможно, то лишь для наиболее крупных объектов.

Во-первых, пытаться решать эту задачу в настоящее время возможно лишь для достаточно крутопадающих объектов (углы падения 45° и более), так как обилие на Тасеевском месторождении пологопадающих границ нетектонического происхождения делает почти невозможным выявление пологопадающих нарушений.

Во-вторых, при поисках с поверхности следует ориентироваться на выявление нарушений, размеры которых соизмеримы с мощностью перекрывающих толщ. Для нарушений типов разломов и зон дробления, проявляющихся лишь в развитии более интенсивной трещиноватости нарушенного участка, это требование следует относить к мощности самих зон; для нарушений, связанных с перемещениями блоков пород, — к амплитуде смещения. Выявление нарушений, характерные размеры которых в 3-4 раза меньше мощности перекрывающих их толщ, представляется в условиях описываемого месторождения сложной задачей, хотя в более благоприятных условиях решение подобной задачи вполне возможно.

В-третьих, искать возможно лишь нарушения, возникновение которых было так или иначе связано с возникновением существенной дифференциации физических свойств геологических образований. Сюда относятся: нарушения, создающие значительные по простиранию (в сравнении с глубиной залегания) тектонические контакты пород с различными свойствами; нарушения, по которым развивается посттектоническая минерализация, существенно изменяющая физические свойства соответствующих зон пород, и, наконец, тектонические зоны дробления и трещиноватости, обладающие повышенной обводненностью и меньшей плотностью.

В этом отношении разные типы характерных для месторождения дизъюнктивов находятся в различном положении.

Древние разломы, разбивающие лишь фундамент грабена и породы его окаймления, на наш взгляд, сами по себе существенно меняют лишь упругие свойства породы и в центральной части грабена могут исследоваться лишь сейсморазведкой — методом преломлённых волн, что, конечно, представляется весьма затруднительным. В настоящее время методика их трассирования этим методом не разработана. В прибортовых частях они с успехом могут исследоваться электроразведкой и гравиразведкой.

В случае, когда нарушения в фундаменте являются вмещителем даек, существенно отличающихся по магнитным свойствам от вмещающих пород, их, по-видимому, можно пытаться выявлять высокоточной крупномасштабной магнитной съёмкой, даже при глубинах залегания порядка сотни метров.

Дизъюнктивные нарушения, разбивающие фундамент грабена на поднятые и опущенные блоки могут, вероятно, картироваться гравиразведкой в тех случаях, когда амплитуда вызываемых ими ступеней достигает сотен метров. Однако, ввиду того, что главная плотностная граница, условно маркирующая фундамент грабена, в общем случае не совпадает с поверхностью рельефа интрузивных пород, данные эти следует дополнять результатами других методов, например, вертикального зондирования. Возможно для решения этой задачи удастся также использовать магниторазведку и сейсмразведку.

Менее сложна задача поисков и трассирования тектонических нарушений типа разломов и зон дробления, пересекающих толщу мезозойских и третичных осадочных пород как связанных, так и не связанных с видимыми перемещениями блоков пород в крыльях.

Ф. А. Майоров (1954) предполагал, что такого рода зоны по методу ВЭЗ и электропрофилированию будут соответствовать участкам повышенного электрического сопротивления, поскольку, якобы, развитие по ним гидротермального окварцевания и промерзания должно сильно снизить их проводимость. Эта точка зрения представляется весьма спорной. Действительно, трудно себе представить, чтобы все многочисленные трещины этих зон, мощность которых нередко превышает первые десятки метров, были полностью залечены жильным кварцем. Что касается глубокого промерзания пород по таким зонам, то как указал в своей работе Г. Н. Хнырёв (1959), что он вообще не отметил этого факта. В этих условиях будет правильно утверждать, что проводимость таких зон определяется сложным соотношением их обводнённости, окварцевания и возможно промерзания. Вследствие этого на различных участках зоны могут оказаться как очень хорошими, так и относительно слабыми проводниками. По этим причинам нельзя повсеместно предполагать, что зонам может быть присуща типичная картина электроразведочных аномалий, позволяющая уверенно отличать их от других объектов и проводить трассирование. Объектами, дающими аналогичные аномалии на месторождении, могут являться участки пород, различное удельное сопротивление которых обусловлено естественными различиями их пористости и обводнённости. Картина аномалий будет также сильно осложняться и затемняться влиянием неоднородности перекрывающих толщ.

В этих условиях электроразведка не может считаться методом уверенного выявления таких зон. Гравиразведка же будет являться наиболее эффективным методом.

Возможности других методов разведочной геофизики в этом направлении ограничены. Изменения магнитности раздробленных пород в сравнении с монолитными недостаточны для выделения зон трещиноватости магниторазведкой. Хотя вполне вероятно, что образование зон и посттектонические процессы вызвали изменения магнитных свойств пород, подвергшихся дроблению, однако нет оснований ожидать, что эти изменения могли вызвать переход пород в соседнюю группу магнитности (по Берсудскому). Слабая же дифференциация свойств пород не обеспечивает выявления тектонических зон при значительной мощности наносов. Если для разломов, пересекающих гранитоиды в пределах окаймления грабена и перекрытых наносами с мощностями порядка первых метров, ещё можно ставить вопрос об их выявлении микромагнитными съёмками, то в центральной части грабена при мощностях наносов порядка 50 м решение этой задачи магнитной съёмкой невозможно.

Большая мощность рыхлых отложений в центральной части грабена препятствует выявлению разломов эманационной съёмкой.

Возможности решения этой же задачи сейсморазведкой неясны. Есть основания ожидать (Рогачёв Б. В., 1955), что поверхность терригенных осадочных пород мелового и третичного возраста, а также вулканогенной осадочной юры представляет собой преломляющую поверхность. Не исключено, что при проведении сейсморазведки методом преломленных волн удастся выявлять участки исчезновения волн от этой поверхности, отвечающие зонам трещиноватых пород. Однако методика исследований почти не разработана, а само применение сейсморазведки на месторождении, как будет сказано ниже, сопряжено с весьма значительными трудностями.

Зоны дробления и дизъюнктивы в пределах магматогенных пород окаймления грабена и в юрском осадочном комплексе, по-видимому, более благоприятны для изучения геофизическими методами, во всяком случае, для участков, где мощность рыхлых отложений колеблется в пределах метров. Можно ставить вопрос о прослеживании их магнитной съёмкой, гравиразведкой, электропрофилеированием (напр., дипольной установкой), эманационной съёмкой и, наконец, сейсморазведкой, при условии достижения высокой степени детальности и точности таких работ, требующей разработки специальной методики. В частности, по-видимому, возможно картирование тектонических контактов гранитоидов различного возраста (г. н. Борщовочный разлом), а так же юрских осадочно-вулканогенных толщ с гранитоидами. Задача эта может решаться совокупностью данных электропрофилеирования и магниторазведки с точностью, достаточной для нанесения этих разломов на карты масштаба 1 : 25 000 и даже 1 : 10 000 без затраты значительных объемов горных и буровых работ.

Переходя к условиям, определяющим возможность применения геофизических методов для выделения отдельных литологических комплексов следует констатировать, что до последнего времени решение этой задачи не признавалось актуальным и материалов по ее практическому решению накоплено мало.

Все характерные для месторождения литологические границы с геофизической точки зрения следует разделить на ряд групп, в разной степени доступных изучению.

Тектонические контакты весьма широко распространены на месторождении. Возможность их исследования уже освещена выше. Здесь же следует добавить, что наиболее четкие из этих границ (в

смысле размеров и дифференциации физических свойств горных пород) являются объектами наиболее благоприятными для изучения.

Литологические границы магматогенных образований в окаймлении грабена, носящие нетектонический характер (контакты прорывания, границы дифференциатов магматических массивов и т. п.), при благоприятных отношениях размеров объектов с мощностью перекрывающих толщ, как показывают работы ГРЭ комбината Балейзолото, проведенные за пределами площади месторождения, могут картироваться достаточно уверенно магнитной разведкой, электроразведкой и, возможно, даже металлометрией. Впрочем, решение этой задачи не рассматривалось до настоящего времени как важное с геологической точки зрения, поскольку какой-либо корреляционной зависимости между литологией магматогенных массивов и оруденением не отмечается.

В центральной части грабена, где магматогенные образования его фундамента скрыты под мощными толщами терригенных пород, оконтуривание участков пород, отличных по физическим свойствам, может быть произведено лишь по изменению граничной скорости, определяемой по данным сейсморазведки.

Границы фациально различных рыхлых четвертичных образований не представляют существенного интереса при поисках оруденения. Рыхлые отложения представляются возможным разделять по данным электропрофилирования на проводящие и высокоомные разности, причем проводимость их определяется взаимнопротивоположными влияниями обводненности и промерзания. Увязать достоверно эти факты непосредственно с литологическим составом представляется затруднительным. Возможно, что данные магниторазведки для участков ненарушенного залегания этих пород позволят разделять рыхлые отложения по количеству магнитных обломков, однако и в этом случае производить литологическую привязку магнитных аномалий будет весьма сложно.

Особо важное значение на месторождении имеет литолого-фациальное расчленение юрских и меловых терригенных толщ. Разрез их крайне изменчив как в горизонтальной плоскости, так и по вертикали. Его расчленение при поверхностных съемках, по видимому, возможно лишь в весьма грубых деталях, что не представляет существенного интереса на современной стадии изученности месторождения.

Ф. А. Майоров (1954) предполагал, что выделение отдельных пологозалегающих границ раздела меловых пород, отмечающихся по удельному сопротивлению, возможно по данным метода ВЭЗ. Однако, несомненно, что количественная интерпретация ВЭЗ в пределах грабена сильно затруднена наличием многочисленных вертикальных и крутонаклонных границ раздела. Это позволяет сомневаться в достоверности данных Ф. А. Майорова и возможности решения соответствующих задач электроразведкой.

Проведение магнитной съемки, видимо, позволит качественно судить об изменении общей мощности меловых образований, однако, последнее относится скорее к задачам структурного картирования, поскольку вариации мощности отложений определяются в основном наличием выступов и углублений фундамента.

При скважинных исследованиях обстановка для литологического расчленения разреза гораздо более благоприятна. То, что до настоящего времени не разработана методика выделения в разрезах скважин пород, отличающихся по вещественному составу и структурно-текстурным особенностям, следует отнести лишь за счет узости применяюще-

гося комплекса каротажных операций и слабой изученности петрофизических особенностей месторождения.

Обстановка для проведения каротажных исследований на Балее коренным образом отличается от условий проведения площадных геофизических исследований. При каротаже возможно исключить или во всяком случае сильно уменьшить действие двух важнейших факторов, мешающих применению геофизических исследований на Балее.

Первый из них — значительная мощность рыхлых отложений, перекрывающих объекты поисков. При скважинных исследованиях ту же роль играют в общем случае слой бурового раствора и стенки скважинного снаряда, отделяющие датчик измеряемой величины от стенок скважины. Экранирующее действие последних, конечно, много меньше действия наносов, мощности которых достигают сотен метров. Перестает также играть существенную роль неоднородность промежуточного слоя. Все это позволяет использовать для расчленения литологического разреза методы почти неэффективные в полевом варианте: электрические, магнитные, радиоактивные и ядерные.

Второй фактор — пестрота петрофизических особенностей разреза — также малосущественен при скважинных исследованиях. При полевых работах действие этого фактора выражается в основном в невозможности установить приуроченность того или иного типа аномалий к определенным видам геологических объектов, так как общее число аномалий обычно невелико и располагаются они в геологически слабо изученных участках. При каротаже обстановка прямо противоположна. Рассмотрение характерных диаграмм, записанных на месторождении убеждает, что количество информации, получаемой в результате, например, каротажа средней скважины по методу КС, значительно превосходит количество информации, даваемой, например, электропрофиле по профилю равной длины. Иначе говоря, количество уверенно выделяемых аномалий на диаграмме КС много больше, чем на электроразведочном графике. Кроме того, всегда возможно произвести достаточное количество каротажных измерений в скважинах с хорошо изученным геологическим разрезом и разработать статистические критерии отнесения определенной совокупности каротажных реперов за счет того или иного геологического объекта. Применение этих критериев при исследовании интервалов с плохим выходом керна, а также для межскважинной корреляции пластов конечно существенно повысит достоверность интерпретации. Мы полагаем, что скважинные исследования позволят, кроме других объектов, в разрезах скважин выделять и кварцевые жилы, однако, определение в них полезного компонента едва ли возможно.

Возможность возрастной корреляции геологических образований в пределах Балейского грабена на основании петрофизических данных пока не ясна. Пока можно лишь утверждать, что в настоящее время выявлены некоторые факты, свидетельствующие в пользу предположения о разрешимости этой задачи на основе петромагнитных исследований. К ним относятся: наличие у некоторых горизонтов Балейской свиты остаточного намагничения с ориентировкой, отличной от ориентировки современного магнитного поля, присутствие в балейской свите обратно намагниченных разностей пород и, наконец, наличие специфических особенностей намагничения (отношение остаточной намагниченности к индукционной, величины магнитной восприимчивости, ориентировки и интенсивности остаточного намагничения), характерных лишь для некоторых типов магматогенных и осадочных пород района. Первая из этих особенностей — сохранение некоторыми типами пород намагничения отличного от современности — позволит ставить вопрос

о том, что часть из них сохранила ориентировку вектора остаточного намагничения, возникшую в момент образования пород, что позволяет производить их возрастную корреляцию. Вторая особенность — наличие обратно намагниченных разностей пород — тесно связана с ролью гипотетических инверсий магнитного поля Земли в меловое время. Установление закономерной связи обратно намагниченных пород с определенными стратиграфическими горизонтами позволило бы произвести их узкую относительную датировку. Наконец, третья особенность (специфические особенности намагниченности некоторых образований) может быть поставлена в соответствии с условиями их возникновения. И если последние на протяжении истории формирования современного геологического облика района повторялись достаточно редко, то эти особенности также можно использовать для возрастной корреляции.

Однако необходимо подчеркнуть, что слабая в целом петрофизическая изученность месторождения не позволяет уверенно утверждать, что хотя бы один из этих методов корреляции наверняка сможет использоваться в практике. В настоящее время следует говорить лишь о том, что решение этой задачи не исключено и многие особенности месторождения ему благоприятствуют.

Резюмируя все сказанное о типичных чертах месторождения в целом, следует констатировать следующее:

1. Рудные тела Балейского и Тасеевского месторождений благоприятны для поисков полевыми геофизическими методами в масштабах 1 : 2 000—1 : 10 000.

2. Задачи литологического картирования на месторождении могут удовлетворительно решаться лишь для детальности, отвечающей требованиям к геофизическим картам и разрезам масштаба 1 : 25 000—1 : 50 000.

3. Применение геофизических методов в пределах Балейского грабена наиболее эффективно при решении задач тектонического картирования.

4. Почти все геологические особенности месторождения для достоверного определения требуют в подавляющем большинстве случаев применения нескольких (различных по своим физическим основам) методов.

5. При детальных поисковых работах (масштаб 1 : 2 000 и крупнее) единственным эффективным методом изучения оруденения этого типа является метод ПЭЭФ (в подземном варианте), однако качество детальных поисковых работ будет проигрывать, если не будут применяться геофизические методы документации разрезов (каротаж, петрофизические методы).

ЛИТЕРАТУРА

Ф. А. Майоров. Сводный отчет о работах Балейской геофизической партии за 1954 г. Фонды комбината «Балейзолото».

Н. В. Петровская и др. Геологическое строение, минералогия и особенности генезиса золоторудных месторождений Балейского рудного поля (Восточное Забайкалье). Тр. ин-та ЦНИГРИ, в. 45, 1961.

Б. В. Рогачев. Сейсмические исследования в Балейском районе, 1955 (отчет по теме 416 за 1954 г.) НИГРИЗолото. Фонды к-та «Балейзолото».

Г. И. Хнырев, О. А. Логинова. Отчет по гидрогеологическим работам ГРЭ к-та «Балейзолото» за 1954—59 гг. Фонды к-та «Балейзолото».