

IV. ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ

УДК 550.838:553:1.553.314

Н.С. Кузнецов, В.В. Филатов, В.П. Савельев

ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ:

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ГЕОЛОГОСЪЕМОЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Движителем многих геологических процессов являются действующие в земной коре напряжения: им принадлежит ведущая роль в структурообразовании; они определяют тектоническую нарушенность и проницаемость среды, имеющие большое значение при рудоотложении; напряжения оказывают существенное влияние на физические свойства горных пород, и поэтому вызываемые ими деформации могут изучаться и изучаются геофизическими методами.

Одним из авторов настоящей статьи была в свое время высказана идея (обоснованная теоретически и подтвержденная экспериментально) о том, что напряжения, формирующие геологическую структуру, запечатлеваются в ней благодаря деформированию горных пород в виде закономерного распределения в пространстве локальных объектов с аномальными плотностными и магнитными свойствами. Каждому типу структуры соответствует только ей присущее расположение таких объектов, отвечающее механизму её образования. Поэтому анализ аномалий в гравитационном и магнитном полях, источниками которых являются эти объекты, позволяет в ряде случаев охарактеризовать тектоно-магматический процесс, приведший к образованию изучаемой геологической структуры [2]. Этот метод изучения механизма формирования структур мы назвали тектонофизическим анализом геофизических полей, один из опытов применения которого описываем в настоящей статье, опираясь на результаты геологосъемочных работ, выполненных на Челябинской площади в Челябинской области.

Основной структурный план Челябинской площади определяют системы разрывных нарушений субмеридионального, северо-западного, северо-восточного и северо-северо-западного направлений (рис.1), Субмеридиональные нарушения, принадлежащие системе Челябинского

глубинного разлома, как и нарушения других направлений, известны давно и детально изучены нами в пределах Биргильдинско-Томинского рудного узла. Всегда считалось, что нарушения различных направлений в этом районе образовались в различные этапы геологического развития региона. Исследования, выполненные нами существенно изменили эти представления

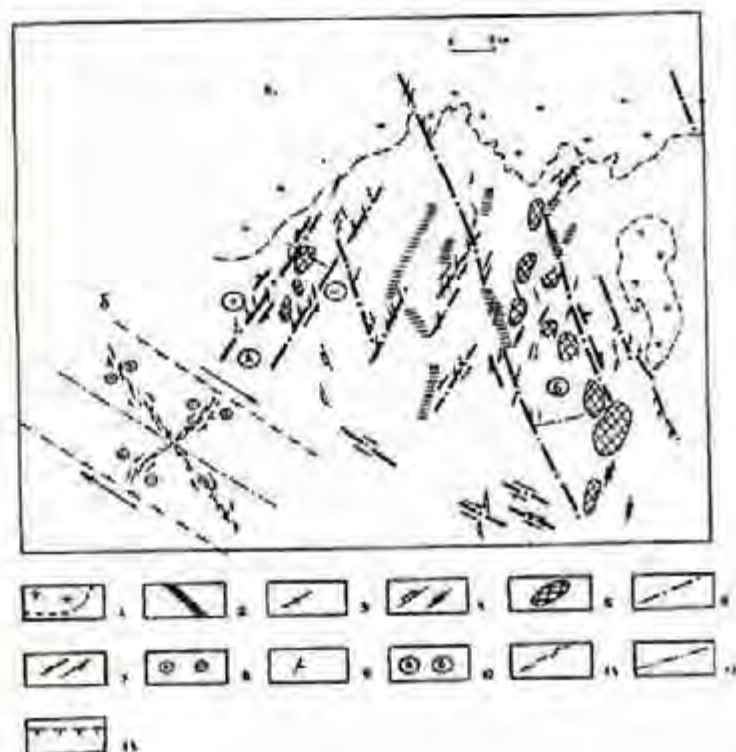


Рис. 1. Схема Биргильдинско-Томинского рудного узла:
 а – элементы физических полей и кинематические характеристики разрывных нарушений, б – кинематическая схема области динамического влияния сдвига (среза) по результатам физического моделирования [4];
 1 – гравитационные массивы и их границы; 2 – градиентные зоны в поле силы тяжести; 3 – оси линейных магнитных аномалий; 4 – оси локальных аномалий силы тяжести: отрицательных, положительных; 5 – локальные понижения в поле силы тяжести; 6 – тектонические нарушения;
 7 – направления смещения блоков земной коры; 8 – знаки вертикальных движений блоков по разломам: поднятие, опускание; 9 – направление падения плоскостей разрывных нарушений; 10 – тектонические зоны А – Биргильдинская, Б – Томинская; 11 – трещины поперечной и диагональной системы разрывов; 12 – ось области динамического влияния сдвига; 13 – границы области динамического влияния сдвига

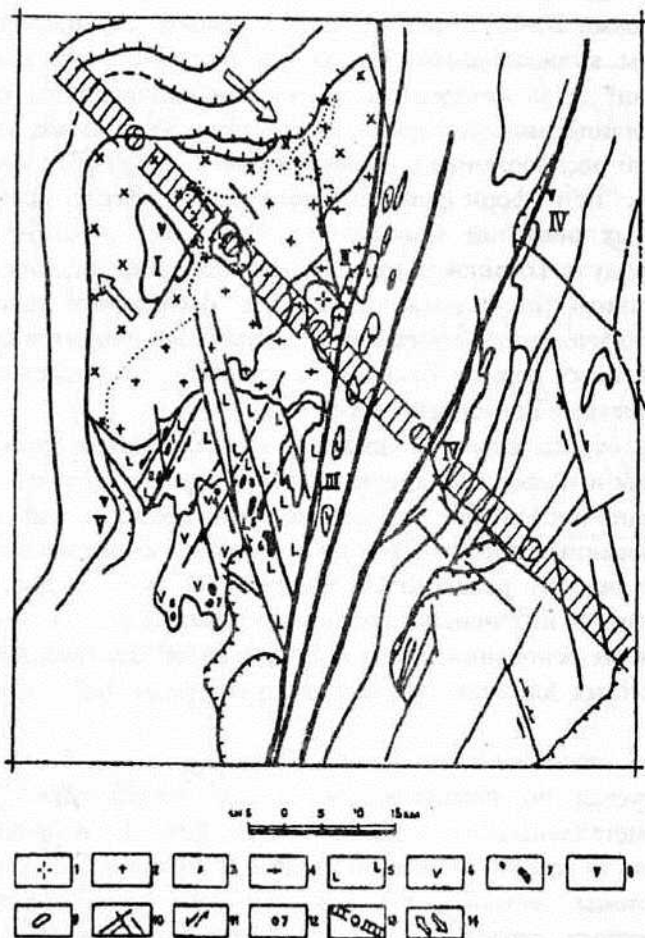


Рис.2. Структурно-динамическая схема формирования Биргильдинско-Томинского рудного узла. I-V – образования допалеозойского возраста:

- 1 – Харлушинский подкомплекс; II – городской подкомплекс;
 III – дубровский комплекс; IV – ильинский комплекс; V – самарская толща; I – лейкограниты; 2 – граниты; 3 – гранодиориты; 4 – метатектит-диориты, кварцевые диориты; 5 – образования саргазинской свиты;
 6 – образования березняковской свиты; 7 – малые тела диоритов биргильдинско-томинского комплекса; 8 – места отбора проб для определения абсолютного возраста по цирконам; 9 – тела серпентинитов;
 10 – разрывные нарушения; 11 – направления смещения по разломам;
 12 – месторождения и рудопроявления: 1 – Биргильдинское, 2 – Южно-Биргильдинское, 3 – Николае-Святительское, 4 – Биксизак, 5 – Томинское, 6 – Калиновское, 7 – Березняковское, 8 – Северо-Таяндинское; 13 – осевая зона глубинного сдвига (линеамента); 14 – направления смещения блоков земной коры вдоль линеамента

Важнейшей задачей при изучении разломов является определение их кинематического типа. Эта задача нами решалась путем анализа гравитационного и магнитного полей, в структуре которых в пределах Биргильдинской и Томинской тектонических зон есть две особенности. При

общем линейном простирании магнитных аномалий, фиксирующих разломы, оси части из них ориентированы под углами 20-40° к простиранию разрывов, ограничивающих эти зоны; в плане аномалии расположены кулисообразно. В поле силы тяжести разломы характеризуются аномалиями типа "ступени", а во внутренних частях зон наблюдаются системы локальных отрицательных аномалий эллипсоидной формы, ориентированных так же, как и магнитные (рис.2). Системы кулисообразно расположенных аномалий обеих полей обусловлены трещинами отрыва, которые образовались при формировании обеих зон. Закономерности пространственного расположения локальных аномалий позволили сделать вывод о том, что разломы в обеих зонах имеют сдвиговую природу: в Томинской зоне они правые, в Биргильдинской - левые [1].

Выводы, сделанные на основании анализа физических полей, были подтверждены данными полевых геологических наблюдений. Изучение даек диоритов биргильдинско-томинского комплекса, закартированных вблизи Томинского разлома, показывает наличие среди них таких, которые связаны с разрывами правосдвигового типа.

На участках с отрицательными локальными аномалиями силы тяжести в обеих зонах закартированы массивы и малые тела диоритов биргильдинско-томинского комплекса ($D_3 - C_1$), с которыми связано медно-порфировое оруденение. Там, где интрузий нет, скважинами вскрыты интенсивно дислоцированные породы с мощными корами выветривания над ними, образование которых обусловлено зонной релаксацией напряжений вблизи дневной поверхности. Такие соотношения магматитов и интенсивно дислоцированных пород указывают на одновременность их образования. На этом основании был сделан вывод об одновозрастности Биргильдинской и Томинской тектонических зон как элементов структурного парагенезиса глубинного разлома-сдвига [1].

Этот глубинный сдвиг, названный нами Кременкульско-Азбаевским, имея северо-западное простирание, фиксируется по расположению в его осевой зоне Кременкульского массива лейкократовых редкометалльных гранитов (P_T) и по резкому изменению ширины и глубины Челябинского грабена к северу от осевой зоны. В области влияния глубинного сдвига и сформировались системы томинских правосдвиговых диагональных и биргильдинских левосдвиговых поперечных сколов (см.рис.2,б). По ширине области динамического влияния глубинного сдвига глубина его проникновения в земную кору оценена в 45-50 км. Этот сдвиг является правым срезом (формировался он по типу трансформного разлома). Хотя его осевая зона отчетливо проявлена и в особенностях геологического строения, и в физических полях, магистральный разрыв здесь отсутствует. Поэтому сдвиг следует называть линеamentом или следом трансформного разлома. Кроме Томинской и Биргильдинской тектонических структур, в области влияния Кременкульско-Азбаевского разлома сформировалась большая система разрывных нарушений, проникающих на всю мощность земной коры и разбивающих всю Челябинскую площадь на ромбовидные в плане блоки, близкие по размерам (см.рис.1,2).

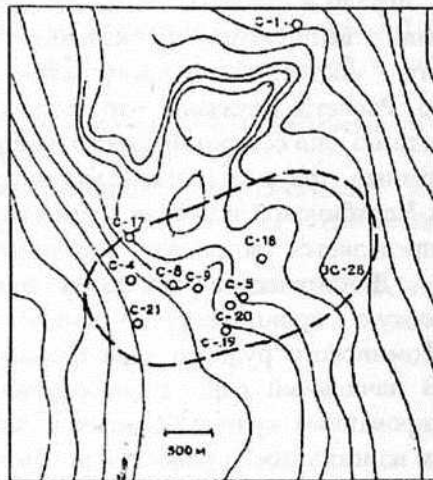
Предположим, что кинематический тип глубинного разлома определен правильно и надежно установлено положение его осевой зоны. Тогда, теоретически, по разные стороны от осевой зоны должна наблюдаться противоположная вергентность разрывных нарушений. По результатам интерпретации геофизических полей и полевыми геологическими наблюдениями установлено:

1. К югу от Кременкульско-Азбаевского линеамента сдвиги северо-западного простирания имеют западную вергентность; северо-восточного простирания – восточную; северо-западного простирания – северо-восточную. К северу от линеамента вергентность разломов изменяется на противоположную.

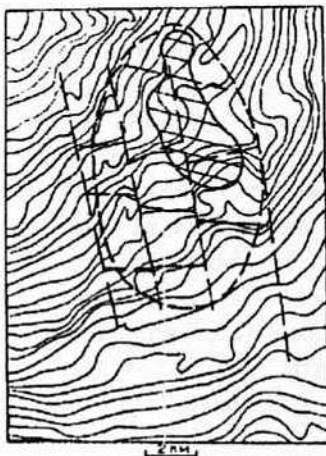
2. С удалением от осевой зоны падение сместителей в сдвиговых нарушениях постепенно выполаживается.



а



б



1



2



3



4



5



6

Рис.3.Морфология поля силы тяжести в пределах рудных полей:

а – Березняковского месторождения; б – Шершневого месторождения; в - Биксизакского рудопоявления; 1 – изоаномалы поля силы тяжести; 2 – граница рудного поля; 3 – Березняковское месторождение; 4 – Шершневское месторождение; 5 – разрывные нарушения; 6 – положение скважин колонкового бурения и их номера

Все разрывные нарушения структурного парагенезиса развивались как взбросо-сдвиги, и это имело большое значение для формирования на площади геологических структур. По разные стороны нарушений наблюдается различный уровень эрозионного среза. К югу от Кременкульско-Азбаевского линеамента по разломам северо-восточной ориентировки взбрасывались западные блоки; по разломам северо-северо-западной ориентировки – восточные; севернее линеамента перемещение блоков изменяется на противоположное. Позднее, вероятно, в мезозое, в условиях регионального субширотного сжатия по косоориентированным к направлению действия сил плоскостям разломов, смещение блоков в горизонтальном направлении изменилось на

противоположное. Это подтверждается геологическими данными. В то же время взбросовые движения остались прежними. Разрывные нарушения являются концентраторами напряжений. Такую роль они играли в прошлые геологические эпохи, такую роль играют и сейчас. В связи с этим нами были выполнены вычисления количественных характеристик напряженно-деформированного состояния геологической среды, обусловленного ее плотностной неоднородностью. Расчеты показали, что геологическая среда южнее Челябинского плутона не устойчива к действию сил северо-западного направления.

Трансформный разлом (линеament) определял динамические условия развития земной коры в пределах Челябинской площади длительное время. Возраст сдвиговых нарушений в зоне его влияния определяется возрастом магматитов биргильдинско-томинского комплекса как поздний девон. Динамические процессы позднедевонско-раннекаменноугольного времени обеспечили высокую проницаемость земной коры и образование высокопродуктивного Биргильдинско-Томинского рудного узла с месторождениями и проявлениями меди, золота и полиметаллов. В начальный период формирования сдвиговые нарушения представляли собой системы эшелонированных кулисообразных трещин, часть из которых таковыми и сохранилась. По более пологим из них позже происходили срывы с образованием надвиговых структур, широко распространенных на площади. В раннем-среднем карбоне в Челябинском плутоне образовался Полетаевский гранитный массив, который имеет в плане У-образную форму (см.рис.1), обусловленную своеобразием распределения напряжений в земной коре в то время.

В перми, возможно, в позднем карбоне - перми, в осевой зоне трансформного разлома сначала произошло внедрение рапакивиподобных гранитов султаевского комплекса, а затем - лейкократовых редкометалльных гранитов кременкульского комплекса, представленных в Кременкульском массиве, который в плане имеет форму эллипса с длинной осью, ориентированной в северо-западном направлении. Вероятно, в это же время произошло заложение Челябинского грабена - структуры растяжения, поперечной к линеamentу. Увеличение его ширины севернее линеamenta обусловлено возможно тем, что здесь он развивался по разломам биргильдинской системы. Завершение активного этапа в развитии трансформного разлома ознаменовалось формированием мощных встречных надвигов вблизи его осевой зоны - Еткульского и Есаульского. В Есаульском надвиге наряду с известняками (С), филлитами и metabазитами (Рт^в), ультрабазитами (?) встречены и лейкократовые граниты кременкульского комплекса (Рт). Эти данные свидетельствуют о том, что разлом активно развивался с позднего девона до перми включительно.

Сдвиговые нарушения Биргильдинско-Томинской системы контролировали процессы рудогенеза, по крайней мере, в позднедевонско-раннекаменноугольное время. Формирование и пространственное размещение рудных полей на площади также обусловлено закономерностями ее динамического режима. Деформационная структура геологической среды в пределах рудных полей аномальна. Благодаря изменению плотности горных пород она проявляется в гравитационном поле в виде системы чередующихся положительных (уплотнение среды) и отрицательных (разуплотнение среды) локальных аномалий, параллельные оси которых имеют иное направление, чем оси региональных аномалий (рис.3). Этот геофизический признак рудных полей, как показали результаты выполненного нами анализа гравитационного поля многих уральских месторождений разного промышленно-генетического типа, возможно, является универсальным. Прогноз, осуществленный на его основе, позволил нам установить в пределах Челябинской площади золоторудное месторождение [3] и несколько рудопоявлений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецов Н.С. Палеотектонические условия формирования Биргильдинско-Томинского рудного узла // Геофиз. методы поисков и развед. рудных и нерудн. месторожд: Межвуз. научн. темат. сб. - Свердловск: Изд-во СГИ, 1980. - С.8-14.
2. Филатов В.В. Теория и практика геодинамического анализа гравитационного поля (на примере рудных районов Урала): Дис. ... д-ра геол.минер.наук. - Свердловск, 1990. - 376 с.
3. Филатов В.В., Кузнецов Н.С. Прогнозирование Березняковского золото-порфирирового месторождения на основе тектонофизического анализа гравитационного поля // Изв.вузов. Горный журнал. Уральское горное обозрение. - 1999. - № 9-10.
4. Шерман С.И., Борняков С.А., Буддо В.Ю. Области динамического влияния разломов.- Новосибирск: Наука, 1983. - 112 с.

УДК 550.837

А.К.Козырин, А.И.Мицнев

СПОСОБ ДВУХ ЗОНДОВ

В современные комплексы ГИС, часто весьма обширные по составу, в особенности - в промышленной геофизике [5], входят устойчивые сочетания методов, своего рода мини-комплексы, решающие в различных физико-геологических условиях вполне определенный круг задач. Наиболее характерным примером является сочетание методов сопротивления (КС) и естественного электрического поля (ПС), в варианте измерения потенциала последнего. Это сочетание является настолько эффективным с методической точки зрения, применяемым как на месторождениях нефти и газа, так и на рудных месторождениях, и удобным технически, что получило наименование "стандартный каротаж". Попутно отметим, что вследствие помех от блуждающих токов, особенно в промышленно развитых районах, и определенных недостатков использования градиента ПС при исследовании, например, скважин на медноколчеданных месторождениях, метод потенциала ПС приходится заменять методом электродных потенциалов (МЭП). Впрочем, отметим, что в УГГГА опробован для медноколчеданных месторождений способ регистрации кривых потенциала ПС в условиях больших помех от блуждающих токов [7].

Анализ комплексов ГИС в рассматриваемом плане позволяет выделить еще одно сочетание также двух методов: измерение КС с градиент- и с потенциал-зондом. Правомочность такого выделения можно показать на примерах производственной практики, а также на некоторых новых разработках. Совместно градиент- и потенциал-зонд прежде всего используются при расчленении сложных в геоэлектрическом отношении разрезов, когда оптимальный зонд не вполне справляется с этой задачей. Такие примеры дают, в частности, мелкопластовые месторождения ископаемых углей и угольные пласты сложного строения.

На рисунке показан соответствующий случай каротажа на одном из полей Буланашского каменноугольного месторождения. Диаграммы градиент- и потенциал-зонда, размеры которых соответственно 0,5 и 0,05 м, получены при переключении крайних электродов трехэлектродного зонда. Такое устройство можно назвать зондом общего монтажа, в котором расстояния x и y между смежными электродами находятся в соотношении $x < y$.