

УДК 550.8.05

DOI: 10.23671/VNC.2014.4.55515

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ МЕТОДОВ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ РУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В ГОРНЫХ РЕГИОНАХ

© 2014 Т.А. Келоев^{1,2}, проф., д.т.н., И.Н. Гудиева²

¹Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и PCO-A, Россия, 362002, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: cgi_ras@mail.ru; ²Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), Россия, 362021, PCO-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44, e-mail: info@skgmi-gtu.ru

В статье обоснованы геофизические исследования рудоконтролирующих факторов и эндогенного оруденения в горных регионах. В следствие труднодоступности горных районов основное место в комплексе занимают мобильные методы изучения аномалий естественного происхождения.

Ключевые слова: рудные полезные ископаемые, разведка, геофизические методы, комплексирование.

Мир вокруг человека – это мир физических объектов и явлений, разнообразных масс и продуцируемых ими физических полей. Ядра, атомы, молекулы – это элементы вещества. Их объединения создают тела от небольших размеров – метеоритов, комет, астероидов до гигантских образований- планет, звезд и их ассоциации.

Наблюдаемое многообразие масс существует благодаря энергетическим полям взаимодействия между микрочастицами. Если бы такого взаимодействия не существовало, то мир вокруг нас пребывал бы в рассыпанном на элементы состоянии.

Главным источником формирования природных объектов и зарождения жизни на земле является солнечная энергия. Эта энергия принимает участие в процессе формирования геологических объектов и заключенных в них рудных минералов. После завершения процесса формирования геологических структур, тепловая солнечная энергия включается в объем геологического объекта, как его «душевный» мир. При этом в центре геологического объекта сосредоточена наибольшая энергия (что обеспечивает его целостность), которая по мере удаления от центра монотонно уменьшается. Именно этот природный фактор является основным поисковым критерием, широко используемая методами геофизической разведки.

Человечество из древних времен пытается понять и расшифровать информацию, заключенную во внутреннем мире геологических сфер, из которых сформировались планета Земля и околоземная атмосфера. С этой целью получило развитие новое научное направление – прикладная геофизика (единственная современная наука, способная общаться с природой на одном языке).

При геологоразведочных работах применяется широкий комплекс геофизических методов. Каждый метод геофизической разведки изучает одно или несколько физических свойств геологического объекта, которые только в редких случаях характеризуют его в полной мере, например, интенсивная локальная аномалия

магнитного поля часто соответствует залежи магнетита. Чаще вопрос о природе аномалии по данным только одного метода остается нерешенным. Кроме того, обратная задача для любого из геофизических методов неоднозначна, и для более однозначного ее решения требуются сведения о возможных форме, положении в пространстве, физических свойствах исследуемого объекта. Эти сведения можно извлечь из результатов других геофизических методов, геологии, бурения. Основная цель геофизических работ – создание согласованной со всеми имеющимися геофизическими и геологическими данными физико-геологической модели, гораздо более полный и надежный, чем для каждого метода в отдельности [Бахлер, 2007].

Наиболее часто результаты гравиметрических работ рассматриваются совместно с данными магнитометрии при решении очень широкого круга задач, от планетарных и региональных до поисков россыпных месторождений. Гравиразведка и магниторазведка играют большую самостоятельную роль при трассировании и изучении вертикальных и субвертикальных контактов пород, при поисках и исследовании контактных локализованных объектов. Когда гравиразведка и магниторазведка дают информацию об одном и том же объекте, она суммируется, повышая надежность решения геологоразведочной задачи.



Рис. 1. Прогнозирование вероятных запасов по комплексу косвенных признаков. 1 – перспективные площади, выделенные по совокупности всех признаков; 2 – значение комплексного критерия рудоносности; 3 – участки, перспективные для локализации промышленного оруденения; 4 – рудные поля; 5 – условные запасы и их центр тяжести

Соотношение магнитных и гравитационных аномалий, созданных одним и тем же объектом, позволяет сделать предположение о его составе. В созданной гравитационной аномалии участвует только один параметр – в то же время в создании магнитных аномалий участвуют многие параметры: остаточное намагничивание с определенным направлением, индукция современного поля, зависящая от магнитной восприимчивости.

Анализ физических свойств горных пород и результатов геофизических съемок в хорошо изученных районах позволяет сформулировать определенные критерии выделения типичных объектов по геофизическим данным:

– основные и ультраосновные интрузии характеризуются положительными гравитационными и магнитными аномалиями, которые выражены тем резче, чем круче падение изучаемых массивов, глубже их корни;

– кислые интрузии и экструзии характеризуются гравитационными минимумами, повышенной радиоактивностью и относительно пониженным магнитным полем. Однако их краевые фации обычно обуславливают заметные магнитные аномалии;

– среди эффузивных пород наиболее четко выделяются порфириновые и базальтоидные потоки с повышенными плотностью, намагниченностью и скоростью упругих колебаний. Для молодых лав вследствие изменчивости направления вектора очной намагниченности и частого переслаивания лавовых покровов типично мозаичное поле. Аномалии от покровных эффузивов часто затушевывают искомые аномалии от других геологических объектов;

– зоны разломов выделяются различными геофизическими методами. Глубинные разломы успешно изучаются по гравиметрическим магнитометрическим материалам с привлечением сейсмологических и гравиметрических данных; они отличаются линейными аномалиями, цепочками аномалий и высокими градиентами потенциальных полей. Если по сбросу приходят различные по физическим свойствам породы, то фиксируются типичные аномалии уступа, если зона разлома выполнена породами основного состава, отмечаются положительные гравитационные и магнитные аномалии;

– участки гидротермальной переработки, как правило, фиксируются среди магматических образований пониженным магнитным полем. Для их выделения используют такие данные электроразведки (гидротермально измененные породы иногда отображаются пониженным сопротивлением, повышенной поляризуемостью, аномалиями естественного электрического поля). Зоны окварцевания выделяются по результатам электроразведки на постоянном токе благодаря повышению сопротивлений. Участки скарнирования картируются интенсивными магнитными и гравитационными аномалиями;

– антиклинальные структуры, особенно если в их ядрах к дневной поверхности приближаются породы нижнего структурного этажа, отмечаются положительными гравитационными аномалиями, повышенными скоростями распространения упругих колебаний. Строение их крыльев характеризуется поведением отражающих площадок и геоэлектрических горизонтов, выделяемых электроразведкой. При исследованиях более мелкого масштаба крупным структурам типа антиклинарий с интрузиями гранитов часто соответствуют гравитационные и магнитные минимумы, а синклинариям, выполненными основными породами, – гравитационные и магнитные максимумы. В зонах положительных структур, как и в зонах разрывов, возможно повышение геотермических градиентов;

– контакты пород, особенно осадочных и магматических, четко картируются по изменениям магнитных полей, сопротивлений, скорости упругих колебаний. Среди осадочных пород хорошо различаются карбонатные породы повышенного сопротивления и сравнительно проводящие глинистые образования.

Некоторые важные типы эндогенных месторождений также характеризуются четкими геофизическими признаками. Скарново-магнетитовые руды выделяются высокими намагниченностью, плотностью, поляризуемостью, проводимостью; колчеданные руды отмечаются обычно теми же признаками (при отсутствии в со-

стае руд пирротина и магнетита их намагниченность низка); хромитовые руды характеризуются высокой плотностью. Весьма существенна возможность выделения скрытых рудных тел по изменению физических свойств в надрудных зонах; вследствие повышения плотности висячем боку колчеданных залежей над ними удастся фиксировать аномалии силы тяжести амплитудой 0,3-0,8 мГл. Аналогичное увеличение плотности используется как поисковый признак глубоко залегающих полиметаллических руд.

Приведенные данные и опыт изучения рудных районов доказывают наличие существенной общности в рудоконтролирующих факторах, общности в отображении указанных факторов и самих рудных тел в геофизических полях. Это позволяет выработать общий подход к комплексированию геофизических методов на различных этапах изучения рудных областей. Не умаляя необходимости учета каждой конкретной особенности данной площади или объекта, необходимо отметить, что именно наличие общности позволяет провести классификацию геологических тел и подойти к решению геологических задач с научных позиций (рис. 2).

В практике разведочной геофизики чрезвычайно редки случаи, когда искомым геологический объект надежно может быть выделен одним геоморфологическим методом. В горных рудных областях широко распространены помехи различной природы, на фоне которых трудно выделить ожидаемый сигнал – аномалию, обусловленную определенным геологическим телом. Большинство помех имеет случайный характер и по-разному проявляется в различных полях, что свидетельствует о возможности их подавления путем комплексирования методов. Даже тогда, когда сигнал вполне различим, он может отображать тела различных классов: например,

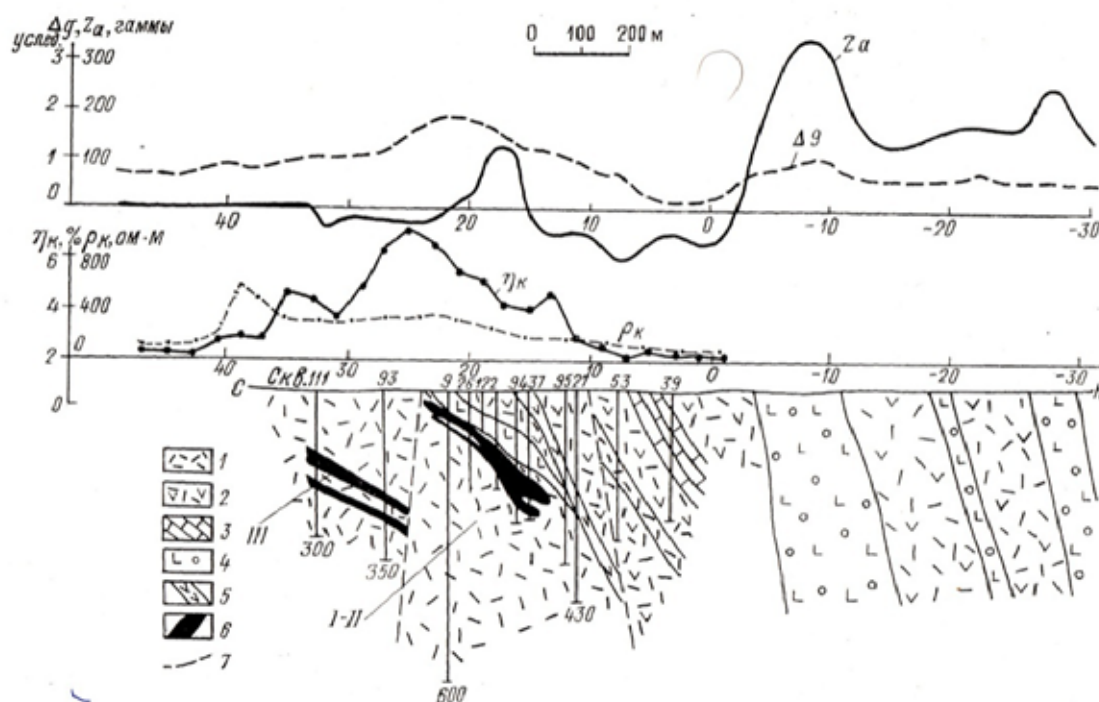


Рис. 2. Результаты исследований методами геофизики вдоль профиля «А».

1 – альбитофиры и их туфы; 2 – андезитовые, дацитовые порфириты; 3 – известняки; 4 – диабазы и их туфы; 5 – дайки габбро-диабазов; 6 – рудные тела; 7 – тектонические нарушения

гравитационный максимум может быть связан с поднятием более плотного нижнего структурного яруса, с внедрением основных пород или обусловлен влиянием метаморфизма. Поэтому большинство геологических задач решается с помощью комплекса геофизических методов.

Все возрастающая сложность геологических задач определяет целесообразность широкого комплексирования геофизических методов не только между собой, но и с другими методами. Однако расширение комплекса в связи с трудностями проведения работ, особенно с искусственным возбуждением поля – начиная от глубинных сейсмических зондирований (ГСЗ) и кончая комбинированным электропрофилированием (КП) и методом переходных процессов (МПП) – может привести к удорожанию съемок. Поэтому возможности методов, их мобильность, стоимость исследований, а также темпы проведения учитываются при планировании геофизических работ, проводимых, как правило, в несколько этапов [Келоев, 2009; Параснис, 1965; Система..., 2011; Хаш, 2003; Хесин, 1976].

Приведенная схема носит общий характер. Если конкретные геолого-геофизические особенности изучаемых районов известны, эта схема должна быть уточнена. Она уточняется также благодаря специализации съемок при поисках и разведке определенных видов минерального сырья или рудоконтролирующих структур.

Таблица 1

Этап	Задача	Масштаб съемки	Комплекс геофизических методов	Геохимические методы	Геологическое сопровождение
I	Выделение металлоносных районов (рудоконтролирующих разломов и магматических образований, зон повышенных концентраций металлов)	1:500000-1:100000	Магнитная съемка, гравиметрическая съемка, глубинное сейсмическое зондирование	Металлометрия по потокам рассеяния, исследования газовых ореолов	По готовой геологической основе или с геологическими маршрутами в крест простирающихся аномальных зон с отбором образцов для изучения физических свойств
II	Выявление перспективных структур и аномальных участков с возможными залежами	1:50000-1:10000	Электроразведка ПС, магниторазведка, электрозондирование, ВЭЗ и ВП, сейсморазведка	Металлометрия по вторичным ореолам рассеяния с изучением магнитной восприимчивости, исследование газовых ореолов	Геологические маршруты по опорным пересечениям
III	Установление природы аномалий, оценка масштаба предполагаемых рудных тел и условий их залегания	1:10000-1:2000	Наземная магниторазведка, гравиразведка, сейсморазведка, электроразведка ПС, ВП, КП, МПП	Металлометрия по вторичным или первичным ореолам рассеяния	Горно-буровые работы с изучением физических и геохимических характеристик керна и проб, с геофизическими наблюдениями в скважинах и горных выработках

Изрезанность горного рельефа порождает ряд трудностей в проведении геофизических исследований и интерпретации их результатов. В частности, пересеченный рельеф в сочетании с климатическими и другими факторами обуславливает появление нестационарных топографических аномалий. За счет фильтрации поверхностных вод на возвышенностях возникают естественные электрические поля отрицательного знака. Аномалии теплового поля маскируются сезонными колебаниями температур, зависящими от характера рельефа. Магнитные аномалии, фиксируемые на отдельных вершинах, могут быть связаны с разрядами молний. На высоком рельефе часто наблюдаются большие отрицательные потенциалы, чем на низком. Это говорит о том, что электрические токи стремятся течь вверх, в гору (рис. 3).

Таким образом, материалы свидетельствуют о специфике горных областей, определяющей особенности геофизических исследований. Наиболее существенно, что на каждом этапе прогнозно-поисковых работ имеются важные и достаточно типичные задачи, которые можно решить с помощью комплекса геофизических методов на основе схемы, приведенной в табл. 1.

Особенности горнорудных областей, исследуемых объектов и отображающих их геофизических полей предопределяют необходимость особого внимания к раз-

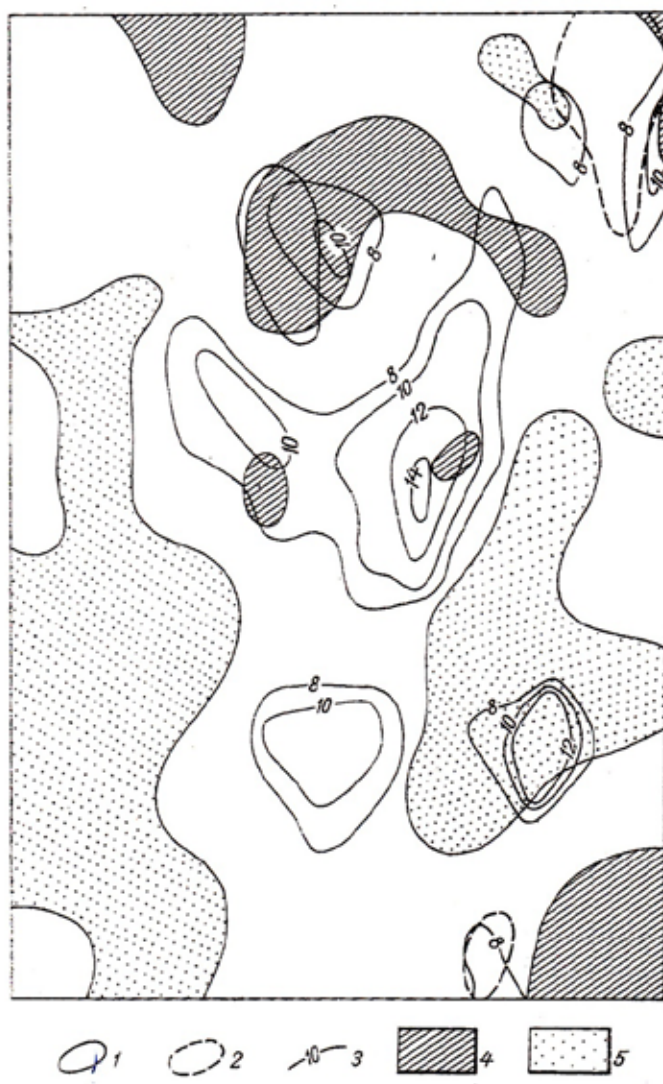


Рис. 3. Разбровка аномалий ВП по их связи с интенсивностью магнитного поля.

1- крупное месторождение олова; 2 – непромышленные рудопроявления; 3 – изолинии аномалий ВП и их значения, %; 4 и 5 – области значимой отрицательной и положительной корреляции значений ВП и ΔZ

работке способов анализа сложного поля, в том числе, выделения замаскированных узлов пересекающихся структур по геофизическим данным, а также способов комплексной интерпретации геофизических полей.

Анализируя предложенный для практического применения комплекс геофизических методов разведки рудных месторождений, можно сделать несколько обобщений.

1. Рудные пояса, районы и крупные месторождения характеризуются определенными и во многом типичными геологическими условиями, которые отображаются специфическими особенностями геофизических полей. От распределений физических полей можно перейти к распределению обуславливающих их формаций и выработать схему контроля рудоносности, исходя из тех или иных геологических представлений. Не менее существенна возможность прогноза непосредственно по геофизическим аномалиям, к которым приурочены рудные комплексы, рудные формации и отдельные проявления эндогенного оруденения.

2. Прогноз и локализация скрытого оруденения в труднодоступных горных областях, где экономически оправдано освоение месторождений больших масштабов, должны основываться на опыте глобального изучения крупных и уникальных скоплений эндогенных руд, расположенных в сходной геологической обстановке, а также на теоретических представлениях о возможности обнаружения известных или новых видов оруденения в изучаемом районе.

3. Рост объемов геолого-геофизических работ, усложнение задач и методики при необходимости оперативного принятия обоснованных решений определяют целесообразность всемерной автоматизации процессов обработки и интерпретации геофизических материалов на основе использования цифровой техники, с выдачей итогового документа, который численно выражает вероятность встречи искомого объекта на изученной площади.

Таким образом, система интерпретации геофизических данных, проводимой с целью прогноза и локализации скрытого оруденения в горных областях, выглядит следующим образом. Она основывается на выполнении геофизических работ комплексом методов, необходимым и достаточным для решения всех существенных задач на исследуемой территории.

Литература

1. Бахлер К.. Земное излучение. Киев. Изд-во «Нико-центр», 2007-207 с.
2. Келоев Т.А. Основы геофизики (учебное пособие). ВНИЦ РАН и правительства РСО-А. Владикавказ, 2009. – 253 с.
3. Параснис Д.С. Принципы прикладной геофизики. Москва. Издательство «Мир», 1965. – 199 с.
4. Система «Планета Земля» (под редакцией Кочемасова Г.Г.). Москва: Ленанд, 2011. – 514 с.
5. Хаш В.Е. Основные проблемы современной геологии. Москва. «Научный мир», 2003. – 246 с.
6. Хесин Б.Э. Прогноз и локализация скрытого оруденения в горных областях по геофизическим данным. Москва. «Недра», 1976. – 199 с.

DOI: 10.23671/VNC.2014.4.55515

AGGREGATION OF THE ORE MINERALS GEOPHYSICAL PROSPECTING METHODS IN THE MOUNTAIN REGIONS

© 2014 T.A. Keloev^{1,2}, Sc. Doct. (Techn.), prof., I.N. Goudieva²

¹Center of Geophysical Investigations VSC RAS & RNO-A, 93a, Markov street, Vladikavkaz, 362002, Russia, e-mail: cgi_ras@mail.ru; ²North Caucasian Mining and Metallurgical Institute (State Technological University) 44, Nikolaev street, Vladikavkaz, RNO-A 362021, Russia, email: info@skgmi-gtu.ru

Geophysical studies of ore-controlling factors and endogenous mineralization in the mountain regions are substantiated in the article. In the consequence of the difficult accessibility of mountain regions the mobile methods of studying the anomalies of natural origin occupy basic place in the complex.

The keywords: ore mineral, exploration, geophysical methods, aggregation.