Помимо этого на площадке ВГС выполнена серия экспериментов по исследованию краткосрочной динамики и временной структуры «полных» сигналов (волновых форм сигналов) при подготовке и развитии небольших сейсмоакустических событий – микроземлетрясений на различных глубинах. Большой объем требуемой памяти не позволяет пока осуществлять непрерывную регистрацию «полных» сигналов в течение многих суток.

Выполнен также оригинальный эксперимент по исследованию прохождения сейсмических сигналов, порождаемых вибрацией турбин Нижегородской ГЭС, удаленной от ВГС на расстояние около 40 км. Экспериментально показана возможность регистрации в глубокой скважине сейсмических сигналов, генерируемых низкочастотными вибрациями гидротурбин ГЭС на расстоянии в несколько десятков километров. Регистрация таких сигналов на скважине открывает интересные возможности для постановки экспериментов по изучению динамики состояния пород на протяженной сейсмоакустической трассе.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (06-05-64925).

ГЛУБИННЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПОИСКОВЫЕ КРИТЕРИИ ПЛАТИНО-МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ЗАПАДНОГО ФАСА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Долгаль А.С.[1], Калинин Д.Ф.[2]

[1]Горный институт УрО РАН, г. Пермь, dolgal@mi-perm.ru
[2]ВИРГ-Рудгеофизика, г. Санкт-Петербург, dfk@ol7971.spb.edu

Рассматриваются результаты интерпретации геопотенциальных полей в пределах северной части западного фаса Сибирской платформы, в пределах площади около 380 тыс. кв. км, включающей в себя Норильский район. В качестве исходных данных использовались результаты гравиметрической съемки масштаба 1:200 000 и аэромагнитных съемок масштаба 1:100 000, выполненных на постоянных барометрических высотах, а также цифровая модель рельефа местности GTOP030. Основной целью исследований являлось прогнозирование платино-медно-никелевого оруденения, что повлекло за собой необходимость уточнения его глубинных поисковых критериев [1].

Платиново-медно-никелевые месторождения пространственно и генетически связаны с гипербазит-базитовой вулкано-интрузивной никеленосной ассоциацией, включающей эффузивные пикриты, расслоенные интрузивы с вкрапленным оруденением и залежи массивных (богатых) руд. Предполагается, что в роли исходного расплава для гипербазит-базитовых пород и сульфидных руд выступал родоначальный пикрит (плагиоперидотит, коро-мантийная смесь). Развитие никеленосных гипербазит-базитов Норильского района в целом связано с особыми условиями развития региона, максимальной глубиной первичных мантийных выплавок и чрезвычайно высокой флюидно-магматической проницаемостью структур земной коры [2].

Первичная магмогенерация начиналась на уровне астеносферы (а возможно и глубже), затем происходило внедрение коро-мантийной смеси (пикритов) в наиболее ослабленные участки земной коры, растекание и затвердевание расплава, что повлекло за собой утяжеление коры, и, возможно, изменения ее магнитных свойств. Следовательно, должна отмечаться приуроченность промышленных месторождений платино-медно-никелевых руд к блокам земной коры с повышенной основностью (фемический тип коры или близкие к нему подтипы) и контроль их размещения проницаемыми зонами мантийного заложения. На пути субвертикальной миграции расплавов, по мнению большинства исследователей, образуются промежуточные очаги, в которых осуществляется первичная дифференциация силикатной и сульфидной магм [3].

Вышеперечисленные особенности никеленосного магматизма являлись основными геологическими предпосылками, используемыми при прогнозировании оруденения, для выполнения которого необходимо с достаточно высокой степенью достоверности охарактеризовать пространственное распределение плотностных и магнитных неоднородностей в изучаемом объеме среды, т.е. провести совокупность петрофизических границ в результате использования некоторых однозначных процедур. В соответствии с классификацией Ю.А. Косыгина в данном случае речь идет о проведении условных границ 1-го типа, местоположение которых зависит не только от распределения значений свойств вещества (плотности σ, намагниченности J) в пространстве, но и от самой процедуры выделения этих границ.

Основным инструментом интерпретации служила компьютерная технология ВЕКТОР, разработанная в Горном институте УрО РАН. Технология ВЕКТОР является одним из методов фильтрационной интерпретационной томографии и характеризуется высокой селективной разрешающей способностью по латерали и по вертикали, т.к. реализованный в ней математический аппарат существенно снижает пороговое соотношение «аномалия/помеха» и обладает мощным фокусирующим действием [4]. Несомненным преимуществом вышеописанного подхода является возможность выполнения интерпретационных построений в классе «непрерывного» в трехмерном пространстве распределения физических свойств (т.е. не имеющего априорно заданных скачкообразных изменений

плотности σ и намагниченности J на трехмерной регулярной сети точек, в которых определяются значения этих параметров).

Ограниченность объективных данных о глубинном строении территории, процессах магматизма и рудообразования, значительный объем полученных геофизических материалов, а также наличие субъективных элементов в анализе морфологии трансформант снижают достоверность результативных интерпретационных построений. Поэтому была предпринята попытка формализовать задачу прогнозного районирования территории на основе принципа аналогий – путем сопоставления всего множества характеристик геологической среды под рудоносными участками, с таким же набором характеристик для всей территории в рамках вероятностно-статистического подхода.

Для этого на следующем этапе интерпретации многомерные данные, полученные с помощью системы «ВЕКТОР» (трансформанты гравитационного и магнитного полей) анализировались с помощью компьютерной технологии MultAlt [5]. Технология MultAlt реализует устойчивые алгоритмы прогноза и картирования альтернативных геологических объектов по данным произвольных наборов количественных и качественных геолого-геофизических признаков и обеспечивает контролируемое повышение эффективности результатов по мере накопления информации. При этом используются вероятностные критерии эффективности решающих правил, позволяющие численно оценивать надежность и информативность решения каждой конкретной задачи, а также выполнять априорный выбор наиболее рациональной совокупности геофизических данных.

Результаты томографической интерпретации свидетельствуют о высокой неоднородности пространственного распределения петрофизических характеристик в изучаемом объеме среды до глубин порядка 100 км и отсутствии выдержанных по латерали субгоризонтальных геофизических границ [6]. На 3D-диаграммах, построенных в системе ВЕКТОР, отражаются основные типы тектонических структур исследуемой территории: древний кратон, складчато-надвиговые системы и области тектоно-магматической активации.

В пределах Тунгусской синеклизы отмечено преобладание магнитоактивных блоков с пониженной плотностью, западнее преобладает слабомагнитный высокоплотный тип земной коры. Не характерные для Тунгусской синеклизы физические параметры земной коры зафиксированы в юго-восточной части площади. Здесь выделен крупный (300 × 150 км) Тутончанский слабомагнитный блок, расположенный в бассейнах рек Ниж. Тунгуска – Северная, с юга к нему примыкает магнитный уплотненный Ногинский блок.

Отчетливо выделяется линейная субмеридиональная зона Норильско-Игарско- Верещагинская зона высоких значений гравитационного поля, шириной около 100 км, окаймляющая древний кратон и выходящая за южную рамку площади. Зона, представляет собой, вероятно, фрагмент древней рифтогенной структуры, обладающей повышенной подвижностью и проницаемостью, насыщенной магматическими образованиями (пикритом и продуктами его эволюционирования по мере продвижения магматической колонны к дневной поверхности). Она имеет форму сплюснутой воронки, вытянутой в меридиональном направлении, с уходящим в верхнюю мантию «жерлом» (или «главным подводящим каналом») которой находится в районе г. Игарка (рис. 1).

На уровне верхней мантии методом распознавая образов оконтурены области, предположительно связанные с наличием богатого платино-медно-никелевого оруденения в верхних частях земной коры («подкоровые резервуары»), один из которых располагается под Норильским районом, второй – на левобережье Енисея, в междуречье р. Турухан и р.Таз.

Флюидно-магматическая проницаемость, определяющая характер и интенсивность оруденения, зависит от напряженно-деформированного состояния геологической среды. Связующими элементами между деформациями среды и геопотенциальными полями являются петроплотностные и петромагнитные неоднородности, на наличии которых базируются геофизические критерии рудоносности. Эти критерии, учитывающие взаимосвязь и взаимообусловленность геологических и физических явлений, определяют условия нахождения месторождений в земной коре.

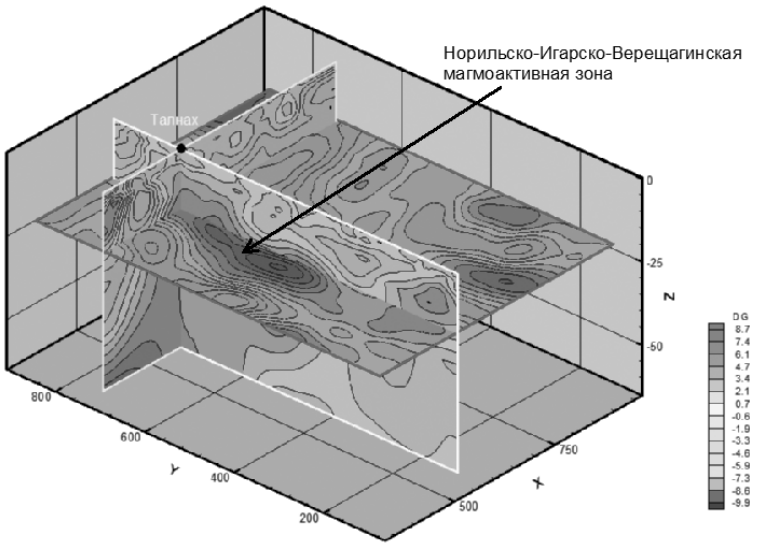

Рис. 1. **Проявление Норильско-Игарско-Верещагинской зоны в ортогональных сечениях 3D-диаграммы гравитационного поля, построенной в системе ВЕКТОР (эффективная глубина горизонтального сечения – 20 км)**

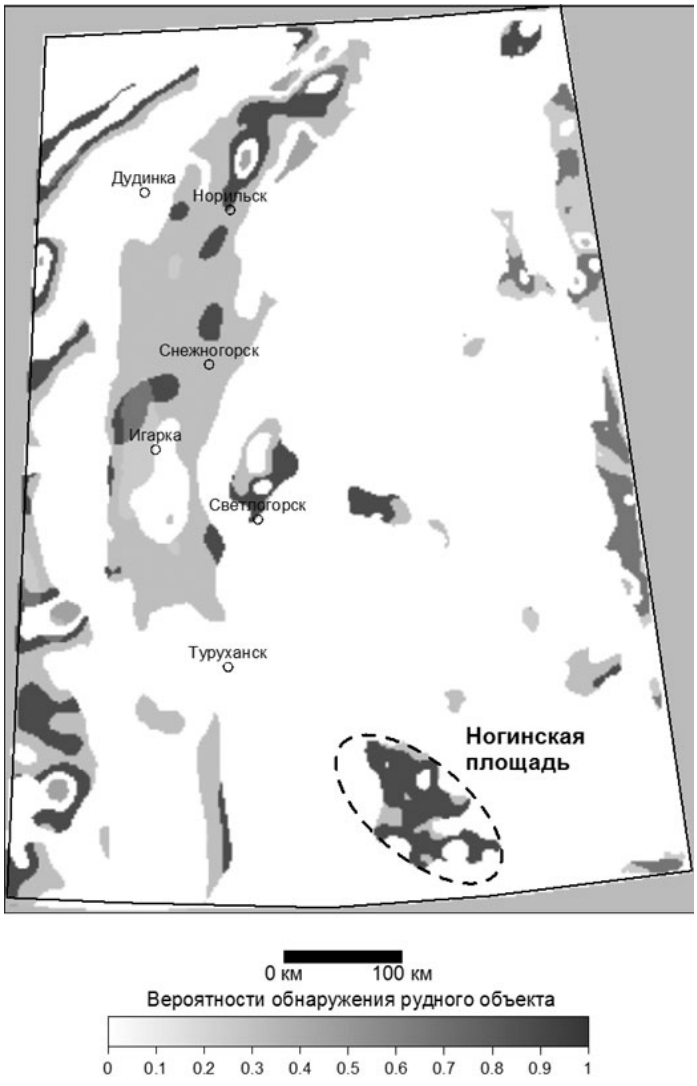

Рис. 2. **Результаты прогнозного районирования территории, полученные с использованием технологии MultAlt (эталонные объекты – Талнах, Норильск-I)**

Для локализации площадей, перспективных на обнаружение промышленных платино-медно-никелевых руд, использовались следующие геофизические критерии, носящие «глубинный» характер:

- наличие на больших глубинах (40 км и более) уплотненного слабомагнитного вещества, с которым связывается генерация рудоносных магм;
- существование структур, обеспечивающих повышенную проницаемость земной коры, отражающихся в распределении квазиплотностей и квазинамагниченостей в интервале эффективных глубин 20-50 км (Игарско-Норильская палеорифтовая система [7] и ее субширотные ветви);
- приуроченность к «утяжеленным» блокам с преобладающим фемическим типом земной коры, связанным с высокой концентрацией пикритового расплава и продуктов его эволюции;
- близость к зонам разломов, не проявленных на дневной поверхности и в исследованном бурением интервале глубин;
- наличие локальных (не более 20-40 км в поперечнике) магнитных неоднородностей разреза, располагающихся внутри слоя с эффективными глубинами от 7.5-10 до 15 км (промежуточных магматических очагов), в ряде случаев пространственно совмещенных с плотностными неоднородностями
- высокая степень близости к эталонным значениям составляющих геопотенциальных полей, отождествляемых с аномальными эффектами от объектов, расположенных в интервале эффективных глубин от 5 до 20-25 км.

С использованием вышеперечисленных поисковых критериев был выделен ряд рудоперспективных площадей, большая часть которых сосредоточена в предеалх Норильского района, в т.ч. по северо-западному обрамлению Хараелахской трапповой мульды, в пределах Вологочанской площади, южнее Норильского рудного узла, в южной части Норильской мульды. Новые площади намечены в междуречье р. Горбиачин – р. Курейка, в среднем течение р. Северной, вблизи Енисея у пос. Верещагино, к северу от п. Ногинск. Последняя по своему глубинному строению близка Норильскому рудному району: в ее пределах отмечается высокая степень базификации консолидированной земной коры, отражающаяся повышенными величинами плотности горных пород, т.е. Ногинская площадь располагается в пределах магмоактивной зоны мантийного заложения (рис. 2). Изучение этих площадей целесообразно начать с проведения геологических маршрутов, литохимической съемки, площадных высокоточных гравиметрических съемок и профильной электроразведки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долгаль А.С., Д.Ф. Калинин Д.Ф., Олешкевич О.И, Симонов О.Н. Применение компьютерных технологий интерпретации геопотенциальных полей при прогнозирование платино-медно-никелевого оруденения. // Разведка и охрана недр. 2006. № 8. С. 57-65.

2. Геология и рудоносность Норильского района.//О.А. Дюжиков, В.В. Дистлер и др., М.; Наука. 1988. 498 с.

3. Туганова Е.В. Формационные типы, генезис и закономерности размещения сульфидных платиноидно-медно-никелевых месторождений (на примере Восточно-Сибирской и некоторых других профинций). СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ. 2000. 103 с.

4. Новоселицкий В.М., Долгаль А.С., Бычков С.Г. Новый алгоритмический базис технологии векторного сканирования геопотенциальных полей. // Геофизические исследования Урала и сопредельных регионов. Материалы Межд. конф., посвященной 50-летию Института геофизики УрО РАН. Екатеринбург: ИГФ УрО РАН. 2008. С. 183-186.

5. Калинин Д.Ф., Калинина Т.Б. Новый подход к использованию статистических ФГМ при прогнозе геологических объектов посредством компьютерной технологии MULTALT. // Геофизика, 2004. №5. С. 42-45

6. Щукин Ю.В. Региональные исследования и актуальные проблемы глубинной геологии.//Геофизика, 2001. №1. С. 19-30.

7. Восточная Сибирь. // Геология и полезные ископаемые России. В шести томах./Гл. ред. В.П.Орлов. Т.3. Ред. Н.С. Малич. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2002. 396 с.

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ КИРОВОГРАДСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (Украинский щит) ПО ДАННЫМ ОБМЕННЫХ ВОЛН ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Дрогицкая Г.М.[1], Заяц В.Б.[2], Исанина Э.В.[3], Шаров Н.В.[4]

[1]Институт геофизики НАН Украины, г. Киев, Украина
[2]КП «Кировгеология», г. Киев, Украина
[3]СЗФ «Невскгеология», г. Санкт-Петербург
[4]Институт геологии Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск

Кировоградский полиметальный рудный район это крупнейшие месторождения урана метосоматического генезиса, а также месторождения и рудопроявления редких металлов золота, лития, серебра, вольфрама, висмута и др.

Он расположен в центральной части Украинского щита на границе двух крупных гранитных массивов: Корсунь-Новомиргородского габбро-анортозит-рапакиви-гранитного плутона (на севере) и Новоукраинского массива порфировидных гранитов и монцонитов (на юге). Несмотря на пространственную сопряженность и возрастную близость оба массива отличаются по ассоциациям и составу магматических пород, формационным признакам и внутреннему строению. Вместе с тем, в их формировании отмечается генетическое сходство, выразившееся в наличие пород двух формаций – основной и кислой, а также в субщелочном характере пород, проявившемся в обогащенности калием даже наиболее основных пород [6,9].

Район детально изучен различными модификациями сейсмического метода: ГСЗ, МОВЗ и ОГТ по достаточно плотной системе пересекающихся профилей [1,7,8].

Работы МОВЗ были выполнены в 1977-1980гг., регистрация обменных волн *PS* осуществлялась станциями типа «Земля», расстояние между пунктами приема составляло 3-4км. Полевые наблюдения и интерпретация материалов проводилась по стандартной методике [2,3].

В данной работе представлены результаты статистической обработки материалов МОВЗ по нескольким широтным и меридиональным профилям с использованием программного комплекса «КОСКАД-3Д».

Статистическая обработка исходного поля обменов с применением различных видов преобразований в окнах радиусом 3, 5 и 10км была выполнена с целью повышения достоверности выделения и идентификации основных сейсмических горизонтов: внутрикоровой границы K_2 и подошвы земной коры поверхности М и детального изучения расслоенности литосферы.

Размеры окон определялись исходя из точности наблюдений (длины сейсмических волн), расстояния между станциями и характера исходного поля обменов. Для каждого окна были построены гистограммы, из которых видно, что оптимальным является преобразование в окне размером 3 км.

Кроме параметра плотности расположения точек (обменонасыщенности) в тех же окнах, определялась обменоспособность среды, отношение амплитуд проходящей и обменной волн A_P/A_S. Данный параметр не зависит от времени наблюдения, а является объективной характеристикой свойств границ и поверхностей обмена.

В процессе обработки определялись субгоризонтальные и субвертикальные зоны экстремумов обменоспособности среды. Максимумы совпадают на разрезах с основными отражающими горизонтами в коре внутрикоровой границей K_2 и поверхностью Мохо, а минимумы соответствуют вертикальным региональным разрывным нарушениям.

По всем вычисленным параметрам было выполнено сопоставление Корсунь-Новомиргородского и Новоукраинского гранитных массивов на различных глубинных уровнях, а также анализ анизотропии среды с использованием данных по широтным и меридиональным профилям.

В результате трансформации исходного поля обменов выделен целый ряд областей повышенной отражательной способности, часть из которых совпадает с отражающими поверхностями, установленными по данным ГСЗ, на глубине 5-7 км прослежен горизонт, соответствующий, по-видимому, контакту пород кислого и основного состава.