

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ РАЗВЕДКЕ НЕДР

Материалы
Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием, посвященной 70-летию основания
в Томском политехническом институте
кафедры «Геофизические методы поисков и разведки
месторождений полезных ископаемых»

20–23 апреля 2016 г.

Издательство
Томского политехнического университета
2016

СОВРЕМЕННАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОСНОВА НОРИЛЬСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

Лазарев Ф.Д., Кирлюк П.В., Онищенко А.Н.

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт
имени А.П. Карпинского, Норильский филиал, Норильск

В пределах центральной части Норильского района проведена комплексная (гамма-спектрометрия, магнитометрия, электроразведка методом ДИП) аэрогеофизическая съёмка масштаба 1:25000, выполнена обработка и интерпретация полученного геофизического материала с привлечением гравиметрических данных. В результате создана геофизическая основа, отвечающая современным требованиям, предъявляемым к геологическим материалам, пригодная для ведения дальнейших поисковых работ на медно-никелевое оруденение.

В течение двух полевых сезонов (2012–2014 г.г.) специалисты Норильского филиала ФГУП «ВСЕГЕИ» выполнили комплексную аэрогеофизическую съёмку масштаба 1:25000 в рамках объекта: «Опережающие геофизические исследования в пределах Хантайско-Рыбнинского поднятия с целью оценки перспектив медно-никелевого оруденения» по государственному контракту.

Объект работ расположен в Красноярском крае, в пределах Норильского промышленного района. Площадь исследований составила 10 000 км².

Целевым назначением работ являлось создание кондиционной геофизической основы (АГС, магнитометрия, электроразведка) для планирования дальнейших поисковых работ на медно-никелевое оруденение.

Краткая характеристика объекта работ

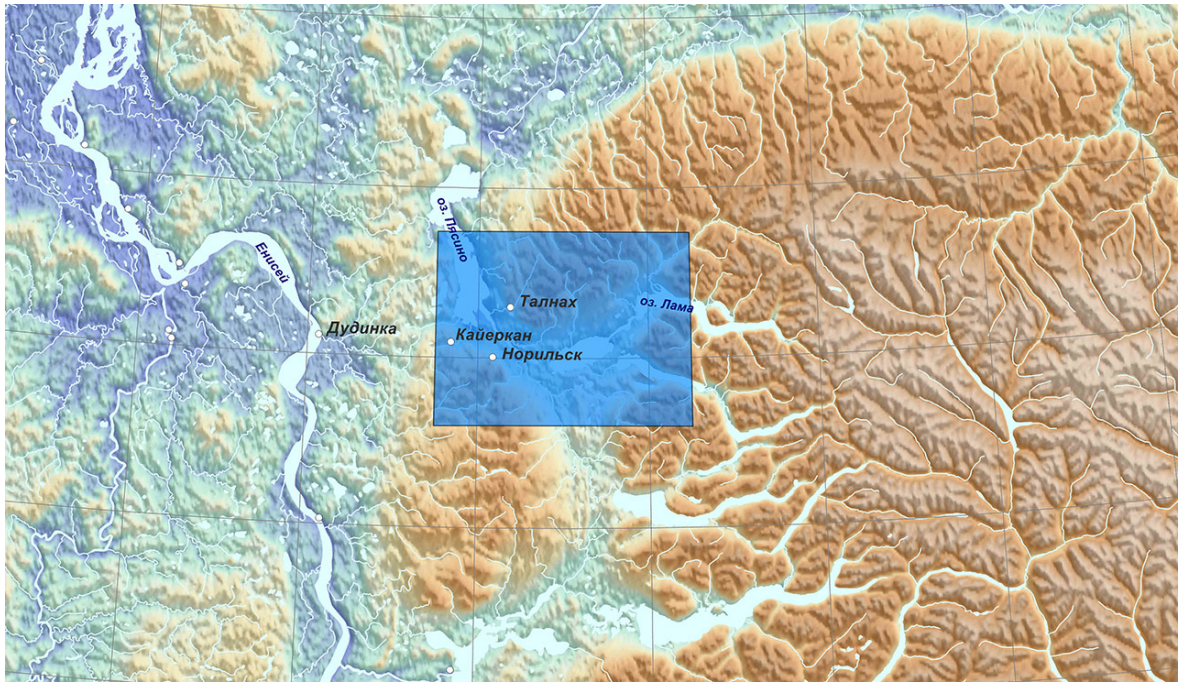
Площадь работ охватывает Норильскую, Вологчанскую, Хараелахскую, Имангдинскую и Иконскую мульды, выполненные толеитбазальтовыми и туфовобазальтовыми вулканогенными формациями поздней перми-раннего триаса, а также, часть Хантайско-Рыбнинского поднятия, представленного преимущественно терригенно-карбонатными, сульфатоностными и терригенными угленосными отложениями палеозоя. Верхняя часть разреза (от девона и выше) насыщена интрузивными образованиями триаса, в том числе дифференцированными телами габброидов, с которыми связаны уникальные медно-никелевые месторождения Норильск 1, Талнахское, Октябрьское. Вся территория, за исключением мульд, которые выполняют положительные формы рельефа, перекрыта четвертичными отложениями мощностью от 10 до 100 м [1].

Технология геофизических съёмок

Комплексная аэрогеофизическая съёмка осуществлялась на самолете Ан-3 (авиакомпания «АГАТ») по системе параллельных маршрутов, ориентированных с курсами 90–270°, на высоте 100–120 м.

Аэрогеофизический комплекс включал: магнитометр ГТ-МАГ (ЗАО «Геотехнологии») с цезиевым датчиком Cs-2 (SCINTREX, Канада); низкофоновый гамма-спектрометр с регистрацией полного спектра (ГСА), (ФГУП «Геологоразведка») с объемом детектора 36 л.; радиовысотомер TRA-3500; электроразведочный канал методом ДИП (ЗАО «Геотехнологии»); спутниковая система навигации «Javad»; система сбора и регистрации геофизических данных.

Проверка всех геофизических средств измерений перед началом полевых работ проводилась в Отраслевом научно-методическом центре по стандартизации, метро-



логическому обеспечению и сертификации Министерства природных ресурсов РФ (Геологоразведка – ВИРГ – Рудгеофизика, г. С.-Петербург).

Градуировка каналов аэрогамма-спектрометра в единицах концентраций урана, тория и калия осуществлялась перед началом полевых работ на полигоне «Юлия», расположенном в Боградском районе республики Хакасия.

Аэрогеофизическая съемка выполнялась с детальным огибанием рельефа при средней высоте полета 122 м, обусловленной длиной трос-кабеля выпускной гондолы (70 м) и минимальной безопасной высотой полета при работе с выпускными устройствами. Контроль высоты полета осуществлялся по радиовысотомеру TRA-3500 с точностью ± 1 м. Средняя скорость на съемочных маршрутах составила 189 км/час.

Точность съемки оценивалась по повторным маршрутам и составила по каналам: магнитометрический $\pm 0,89$ нТл, мощность экспозиционной дозы $\pm 0,25$ мкР/час, ториевый $\pm 0,498 \times 10^{-4}$ %, урановый $\pm 0,230 \times 10^{-4}$ %, калиевый $\pm 0,063$ %, электроразведочный на частоте 130 Гц – 0,0137 %, 520 Гц – 0,0149 %, 2080 Гц – 0,0370 %, 8320 Гц – 0,0659 %. Точность спутникового определения координат составила $\pm 1,55$ м.

Магнитовариационные наблюдения велись в период съемки с применением магнитовариационной станции ГТ-МВС (ЗАО «Геотехнологии») в автоматическом режиме с цикличностью 1 секунда и ценой младшего разряда – 0,001 нТл.

Камеральная обработка материалов

Обработка полевых аэрогеофизических материалов осуществлялась с применением базового лицензионного программного продукта Geosoft OASIS montaj (версия 7.1), состоящего из необходимых для этой цели модулей (montaj™ Grav/Mag Interpretation, montaj plus™ GM-SYS Intermediate Profile Modeling, montaj plus™ Predictive Targeting). Классификации многомерных геофизических данных производились с применением комплекса спектрально-корреляционного анализа КОСКАД 3D (разработка А.А. Никитина, А.В. Петрова, МГГУ). Кроме того, использовались собственные программные разработки (AirRoute, модули для Geosoft OASIS montaj).

По результатам полевых работ и камеральной обработки материалов получен комплект цифровых моделей и кондиционных карт геофизических полей на площадь 10 000 кв. км, в т. ч. аномальное магнитное поле, МЭД, содержания урана, тория, калия, карты кажущейся электрической проводимости на частотах 130, 520, 2080, 8320 Гц (рис. 1–3).

В состав геофизической основы также вошли карты-трансформанты геофизических полей: локальная составляющая, вертикальный градиент, модуль полного градиента магнитного и гравитационного полей; сводная радиогеохимическая карта; карта районирования геофизических полей, петрофизические разрезы.

Интерпретация результатов съемок

Комплексная интерпретация физических полей, полученных в результате аэрогеофизической съемки, основана на сопоставлении последних с имеющимися геологическими данными и установлении определенных связей между особенностями геологического строения района и характером рассматриваемых полей. Следует отметить высокую эффективность примененного аэрогеофизического комплекса для решения картировочных задач. Помимо решения традиционных вопросов о тектоническом строении территории, была составлена геологическая схема, отражающая достаточно детальное формационное строение площади, в том числе для закрытых территорий.

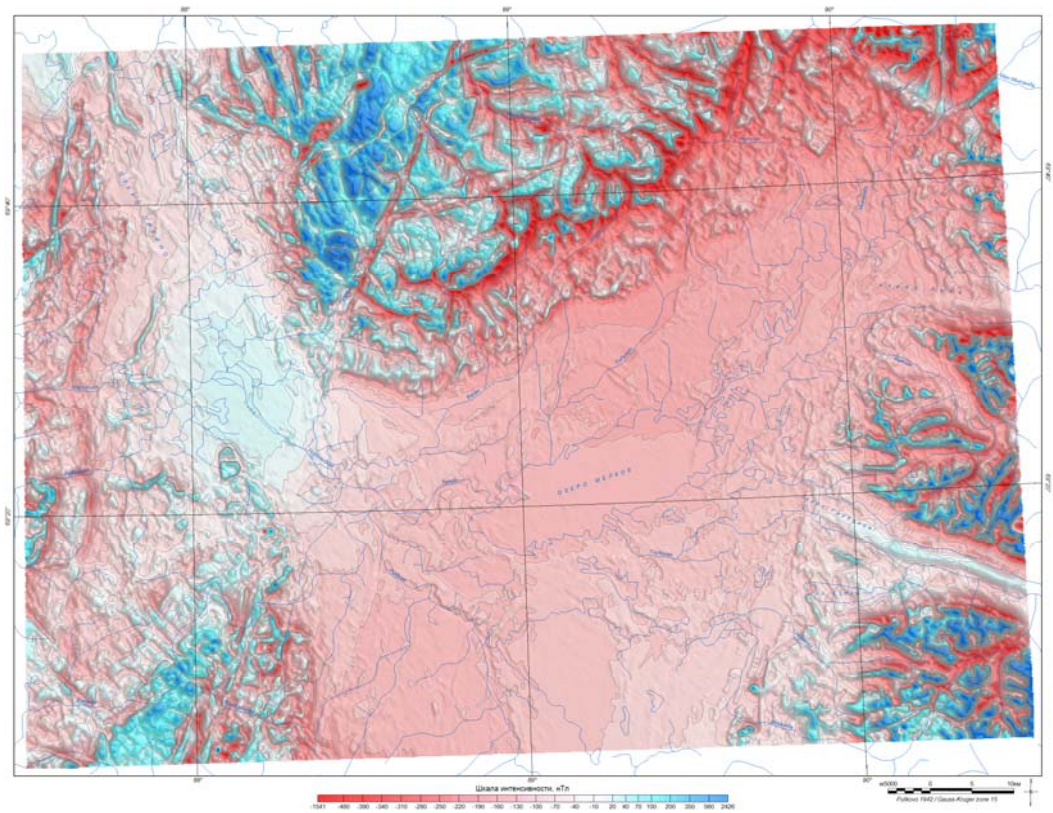


Рис. 1. Карта аномального магнитного поля

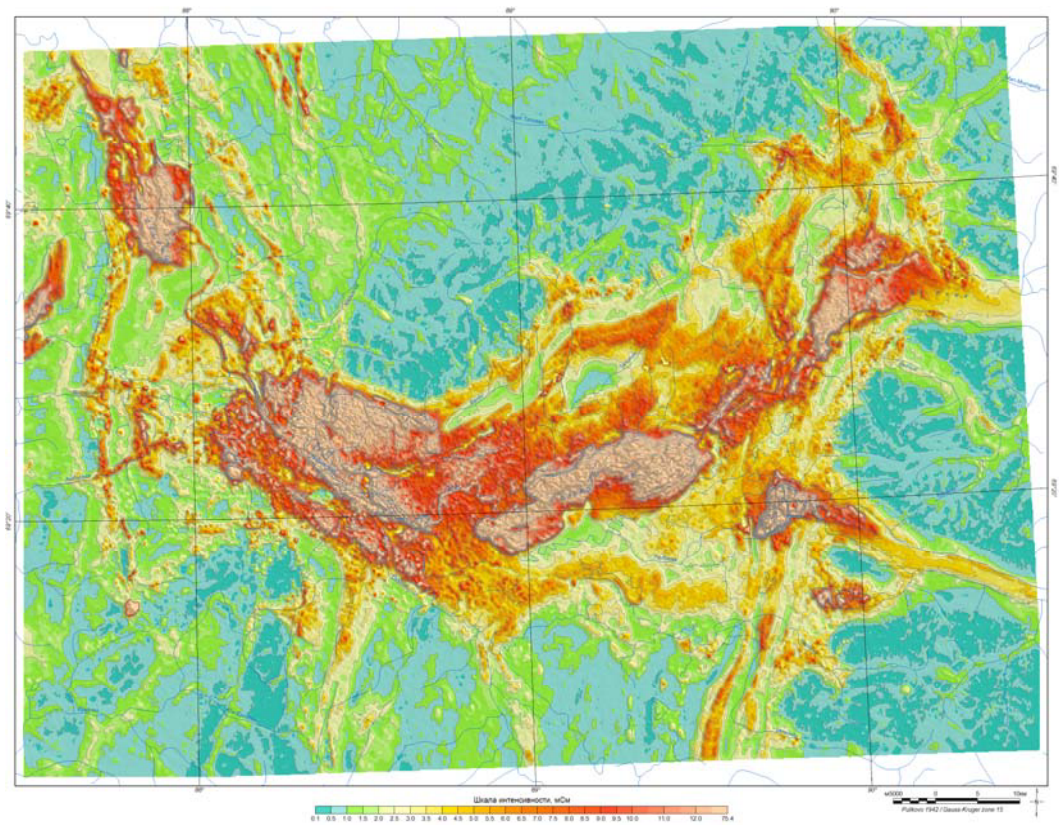


Рис. 2. Карта эффективной проводимости на частоте 520 Гц

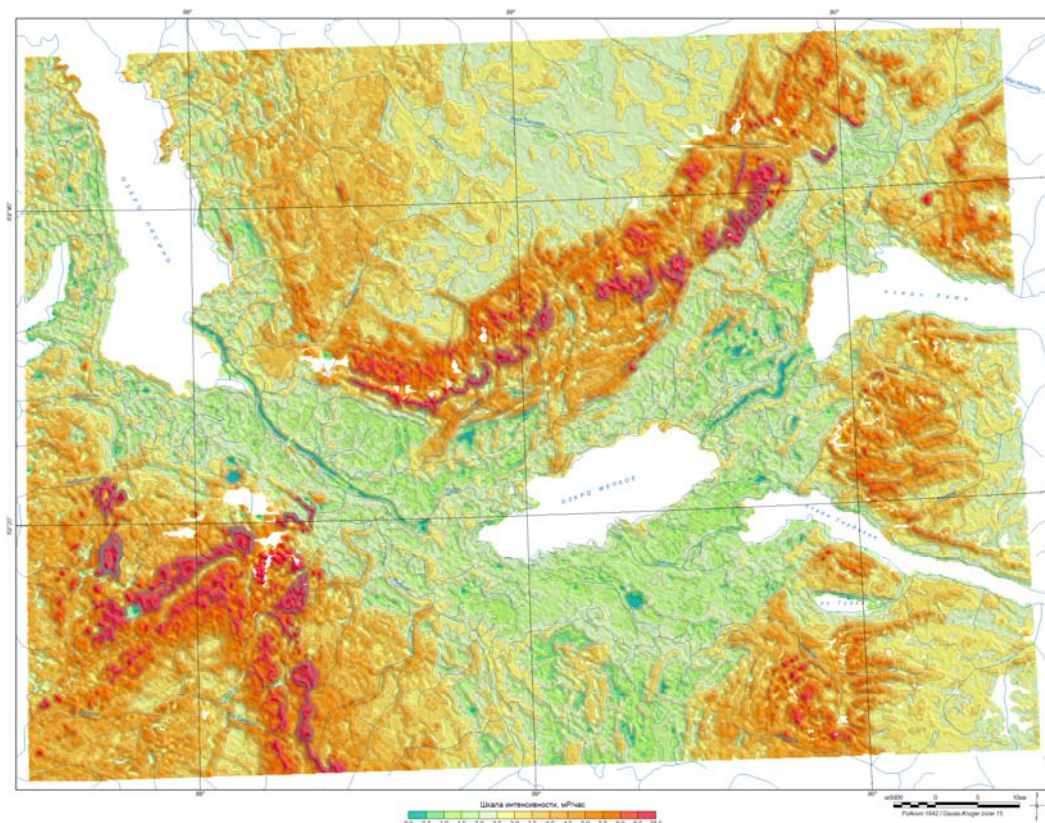


Рис. 3. Карта мощности экспозиционной дозы

Основные результаты комплексной интерпретации геофизических данных сводятся к следующему.

1. Особенности геологического строения изученной площади находят закономерное отражение во всех геофизических полях (магнитных, электрических и гамма-спектрометрических).

2. Главные швы разломных зон отлично трассируются контрастными линейными аномалиями разного знака и зонами повышенных горизонтальных градиентов магнитного и гравиметрического полей.

3. Туфолазовые образования нижнего триаса однозначно выделяются при петрофизическом районировании и уверенно подразделяются на тутончанский и двурогинско-путоранский горизонты. На сводной радиогеохимической карте, отражающей метасоматическую зональность туфолаговой толщи, уверенно устанавливается торий-калиевая специализация для тутончанского горизонта и уран-ториевая для двурогинского и путоранского горизонтов.

4. Среди высокоомных пород базальтовой толщи фрагментарно, но достаточно устойчиво, определяются выходы пород хаканчанской свиты, представленной туфами и туффитами с пониженным сопротивлением.

5. В аномальном магнитном поле и его трансформантах, за границей распространения туфолаговой толщи, отчетливо выделяются интрузивные образования норильского комплекса. Для них характерны локальные положительные аномалии средней (норильский и зубовский тип) и слабой (круглогорский и нижненорильский) интенсивности.

6. В полях эффективного электрического сопротивления (проводимости), на средних и нижних частотах, четко устанавливаются три региональных проводящих горизонта связанные: с угленосными терригенными отложениями тунгусской серии; с терригенно-карбонатными породами разведочнинской свиты нижнего девона; с нижнесилурийскими граптолитовыми сланцами. Эти же реперы являются стратиграфическими горизонтами благоприятными для локализации дифференцированных интрузий норильского комплекса.

7. Поля высоких частот электрического сопротивления фиксируют верхнюю часть разреза и, в целом, характеризуют его водно-мерзлотные свойства.

8. Аномалии техногенной природы наиболее четко фиксируются в аномальном магнитном поле, в радиогеохимических полях, достаточно контрастно выделяются при петрофизическом районировании и уверенно отбраковываются при использовании космических снимков Landsat.

Результаты объемного геомагнитного и геоплотностного моделирования

Для характеристики глубинного строения рассматриваемой площади выполнено объемное моделирование магнитного и гравитационного полей. Латеральные и вертикальные вариации магнитно-плотностных свойств среды отождествляются со структурными и вещественными изменениями глубинного геологического строения, а в комплексе с электроразведочными данными (в виде почастотных графиков) позволяют уточнить положение тектонических нарушений.

Для полученных геоплотностных и геомагнитных разрезов проведена классификация на базе двух признаков – эффективной намагниченности и плотности по методике К-средних с известным заранее числом классов. Это наиболее подходящий алгоритм в условиях минимума информации о начальных центрах классов, при котором точки, объединяемые в один класс, находятся наиболее близко к одному из заранее заданных эталонов. Анализ данных петрофизических разрезов, позволил, с большой долей вероятности, связать аномальные области, характеризующихся высокими значениями намагниченности и плотности с потенциально рудоносными интрузивными телами основного состава и зонами их контактовых изменений.

При выполнении работ впервые был предложен и апробирован в производственных объемах расчёт и ввод поправок за влияние магнитного рельефа местности, сложенного высокомагнитными нижнетриасовыми базальтовыми лавами [2]. В результате была получена карта редуцированного магнитного поля, позволяющая существенно дополнить и обосновать прогнозные построения.

Критерии рудно-минерагенического прогноза

Объектом прогноза на площади работ являются сульфидные медно-никелевые месторождения норильского типа. Ведущая роль в их формировании принадлежит структурным, магматическим и литолого-стратиграфическим факторам [1]. Наиболее благоприятными тектоническими обстановками являются узлы пересечения главных рудоконтролирующих разломов северо-восточного простирания с разломами северо-западного простирания, образующими диагональную сеть с азимутами простирания 70–300°. Пликативные структуры, как правило, контролируют пространственное размещение рудоносных интрузивов, при этом, локализуя борты и килевые части синклиналичных складок.

Наиболее богатые месторождения тяготеют к участкам повышенной магнетизальности пикритовых базальтов и, в целом, представляют собой структурно взаимосвязанную систему эффузивов и дифференцированных рудоносных интрузивов. Именно такие участки изученной площади достаточно контрастно отражаются при комплексной интерпретации геолого-геофизических данных.

Заключение

На основе статистического подхода оценки соответствия геофизических полей и их трансформант известным месторождениям (распознавание образов) был сформирован комплексный прогнозный параметр (КПП). Вместе с геологическими данными он позволил выделить и оконтурить участки с максимальным коэффициентом подобия эталонным объектам (Норильск-1, Талнахское, Октябрьское, Черногорское).

По результатам работ в пределах исследуемой территории выделено 40 перспективных участков, площадью 707,7 кв. км, что составляет 7,08 % от общей площади исследования. Из них 18 участков, площадью 298,6 кв. км первой очереди и 22 участка площадью 409,1 кв. км второй очереди для постановки поисковых работ.

Таким образом, полученный комплект геофизических данных представляет собой качественную геофизическую основу, отвечающую современным требованиям, предъявляемым к геологическим материалам, и включает в себя не только карты исходных геофизических полей, но и результаты анализа и интерпретации геолого-геофизических материалов.

Литература

1. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:1 000 000. Листы R-(45)47 (Норильск) / Ю.Г. Старицкий, Е.И. Ковригина. – Спб.: ВСЕГЕИ, 2000.
2. Долгаль А.С., Червоний Н.П. Учет влияния рельефа земной поверхности при аэромагнитных измерениях // Геоинформатика. – 2008. – № 2. – С. 58–66.