

Возможности современных геофизических съёмок при создании ГФО-200

На основе материалов комплексных аэрогеофизических съёмок на примере листов S-45-XV–XVIII выполнено тектоническое районирование территории; уточнены геологические границы структур разного порядка, положение разрывных нарушений; выявлена интенсивная интрузивная деятельность; выделены объекты, перспективные на поиски коренных источников золото-сульфидно-кварцевого оруденения.

Ключевые слова: *Карское сводовое поднятие, комплексная аэрогеофизическая съёмка, локальная тектоническая структура.*

F. D. LAZAREV, D. A. BELOV, A. N. ONISHCHENKO,
I. V. MOLODTSOV (VSEGEI Norilsk Branch)

Possibilities of modern geophysical shooting when creating GFO-200

Integrated airborne geophysical shootings on the example sheet S-45-XV–XVIII enabled to perform tectonic zoning of the area; specify geological boundaries of structures of different orders, position of faults; identify intense intrusive activity; distinguish targets promising for primary sources of gold-sulphide-quartz mineralization.

Keywords: *Kara arched uplift, integrated airborne geophysical survey, local tectonic structure.*

В настоящее время в рамках Государственной программы создания ГФО-200 выполняются исследования с целью обеспечения дополнительных возможностей повышения геолого-геофизической информативности, уточнения тектонического строения, достоверности геолого-прогнозных построений, поисков новых скрытых месторождений твёрдых полезных ископаемых за счёт использования материалов современных аэрогеофизических съёмок масштаба 1 : 50 000.

Помимо основных задач создания современных сводных цифровых моделей карт геофизических полей и их трансформант, строятся схемы тектонического строения и прогноза на профилирующие полезные ископаемые.

В 2014 г. НФ ВСЕГЕИ на основании Государственного геологического задания выполнил работы по созданию геофизической основы Гсгеокарты-200 листов S-45-IX, X; XV, XVI (Хутудинская площадь), S-45-XI, XII; XVII, XVIII (Ленивенская площадь) Возможности интерпретации геофизических данных рассмотрены на примере листов S-45-XV–XVIII (рис. 1).

В качестве цифровой базы использованы материалы комплексной аэрогеофизической съёмки – КАГС (магнитометрия, гамма-спектрометрия) масштаба 1 : 50 000, выполненной в 1999–2000 гг. ГПП «Центрально-Арктическая геологоразведочная экспедиция». Для составления гравиметрической основы использованы материалы съёмки в шельфовой зоне масштаба 1 : 1 000 000, выполненной НПО «Севморгео» (Е. Н. Зацепин, А. П. Губернов и др., 1981) и на суше масштаба 1 : 200 000, проведенной в 1989–1993 гг. (А. Ю. Шульгин и др., 1993).

По результатам работ составлены сводные карты аномального магнитного поля, гравитационного

поля, содержания урана, тория, калия, радиохимическая карта и их трансформанты. Карта аномального магнитного поля в пределах рассматриваемых листов представлена на рис. 2.

Тектоническое районирование выполнено на основании материалов потенциальных полей, их трансформант и материалов предыдущих геологических исследований (рис. 3). Распространение складчатых тектонических комплексов на площади листов подчинено двум главным структурам Карского сводового поднятия, которое на юго-востоке по зоне интенсивных дислокаций палеозойских толщ сопряжено с Южно-Таймырским инверсионным прогибом. Формирование структур разломной тектоники и осложняющих их интрузивных образований происходило в течение нижнего протерозоя – триаса. Северную часть площади занимает объект южного крыла Карского поднятия – Мининско-Хутудинский блок, который ограничен с юга и юго-востока Хутудинским взбросо-надвигом. Его аллохтон и автохтонное основание пересечены системой взбросо-сдвигов. На южном фланге Карского поднятия располагается Ленивенская антиклиналь, в осевой части которой обнажаются верхнерифейские отложения. В поле силы тяжести ей соответствует положительная аномальная зона северо-восточного простирания. Южно-Таймырский прогиб северным бортом представлен Усть-Пясинской кулисой – разломно-складчатой флексурой, по зоне Пясино-Фаддеевского разлома граничащей с Ленивенской антиклинальной структурой. Прогиб в поле силы тяжести выделяется отрицательной аномальной зоной.

Формирование геологических структур связано с процессами, происходившими на различных этапах тектоно-магматической активизации.

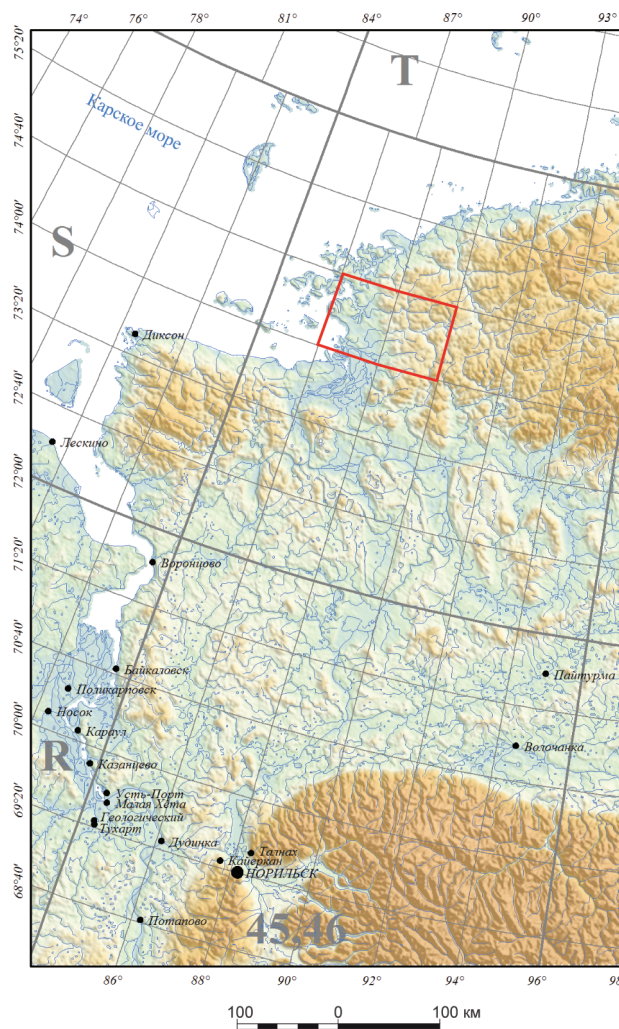


Рис. 1. Схема расположения листов ГФО S-45-XV–XVIII

Начальным этапом послужило заложение зон ре-гио-нальных разломов субширотного – северо-восточного простирания, по ним происходили значительные взбросо-сбросовые подвижки отдельных блоков (по системам парных разрывов) и надвиговые процессы. В дальнейшем по некоторым разрывам внедрялись интрузии пластовых тел – силлов и даек пёстрого состава.

По зонам разломов северо-западного направления на более поздних этапах тектонического развития происходили незначительные вертикальные и горизонтальные смещения отдельных блоков фундамента и осадочного чехла. Их положение также фиксируется по смещению осей узких линейных положительного и отрицательного знаков магнитных аномалий. На площади листов по магнитометрическим данным выделены участки на севере в пределах Мининско-Хутудинского блока и на юге в зоне Пясино-Фаддеевского разлома, где магнитоактивный слой пород фундамента приближен к поверхности. Участкам соответствуют области относительно пониженных значений поля силы тяжести. Учитывая, что магнитные образования основного состава имеют более высокую плотность, чем другие немагнитные или слабомагнитные кристаллические породы, можно предположить незначительное погружение магнитных блоков фундамента на севере в районе залива Минина с образованием неярко выраженной Мининской

грабен-синклинали и формирование тектонической ступени – Пясинской террасы в районе надвиговой зоны Пясино-Фаддеевского разлома на юге по зонам парных разрывов северо-восточного простирания. Магнитное поле в пределах Усть-Пясинской кулисы спокойных плавных очертаний отражает магнитные свойства пород фундамента. На юго-востоке площади прослеживается слабоположительная зона северо-восточного простирания. По сгущению изолиний можно судить о приближении к поверхности магнитоактивного слоя относительно соседних участков. На карте гравитационного поля блоку соответствует локальная аномалия с относительным превышением +2 мГал. Предположительно здесь располагается локальный выступ фундамента, названный авторами Бинюдским, над ним в осадочном чехле сформировалось антиклинальное поднятие. В осевой части структуры обнажаются известняки и глинистые сланцы (S_3-O_1), а на крыльях доломиты и известняки (S_1-D_2).

Интрузивная деятельность на рассматриваемой территории представлена достаточно разнообразно.

Северобырангский комплекс ($vPR_2^{?sb}$) метагаббро-долеритов. Протяженность пластовых тел (силлов) составляет от первых сотен метров до первых километров, мощность до первых сотен метров. Объекты выделяются в виде линейных положительных аномалий, значения в экстремумах составляют от +200 до +500 нТл. Фрагмент интрузии представлен в северо-западной части рассматриваемых листов.

Оленьинский комплекс (γP_2o). Отложения комплекса прослежены несколькими массивами на побережье Карского моря. Массивы сложены субщелочными гранитами, лейкогранитами, гранодиоритами. На западе листа в районе $74^{\circ}20'$ с.ш. в магнитном поле прослеживается высокомагнитная изометрическая аномалия. В трансформанте $\Delta T_{\text{ост}}$ апикальная часть объекта выделяется как немагнитная, и по периферии магнитного кольца выделяются отрицательные дуговые аномалии. В поле силы тяжести отмечается изометрическая аномалия отрицательного знака. Значение в экстремуме составляет менее –6 мГал. На топографической карте в центральной части объекта располагается оз. Высокое. На геологической карте в апикальной части структуры по периферии оз. Высокое обнажаются субщелочные граниты оленьинского комплекса ($\epsilon\gamma P_2o$), состав пород которого варьирует от гранитов до диоритов.

Формирование плутогенного интрузивного массива (локальная тектоническая структура – ЛТС) предположительно связано с двумя фазами тектоно-магматической активизации:

– 1-я фаза. Внедрение интрузий в виде штоков высокомагнитных тел вертикальной формы с изливами на поверхности. Стенки штоков крутопадающие, неправильных очертаний. Магнитные интрузии близповерхностного залегания (по характеру сгущения изолиний). Состав пород комплекса основного состава – габбро и диориты. Подводящие каналы интрузий достаточно узкие. Они отмечаются высокоинтенсивными аномалиями в магнитном поле – свыше +800 нТл. Из-за своих небольших поперечных размеров на карте гравитационного поля масштаба 1 : 200 000 они не выделяются;

– 2-я фаза. В тектонически ослабленной зоне на следующем этапе произошло внедрение немагнитных

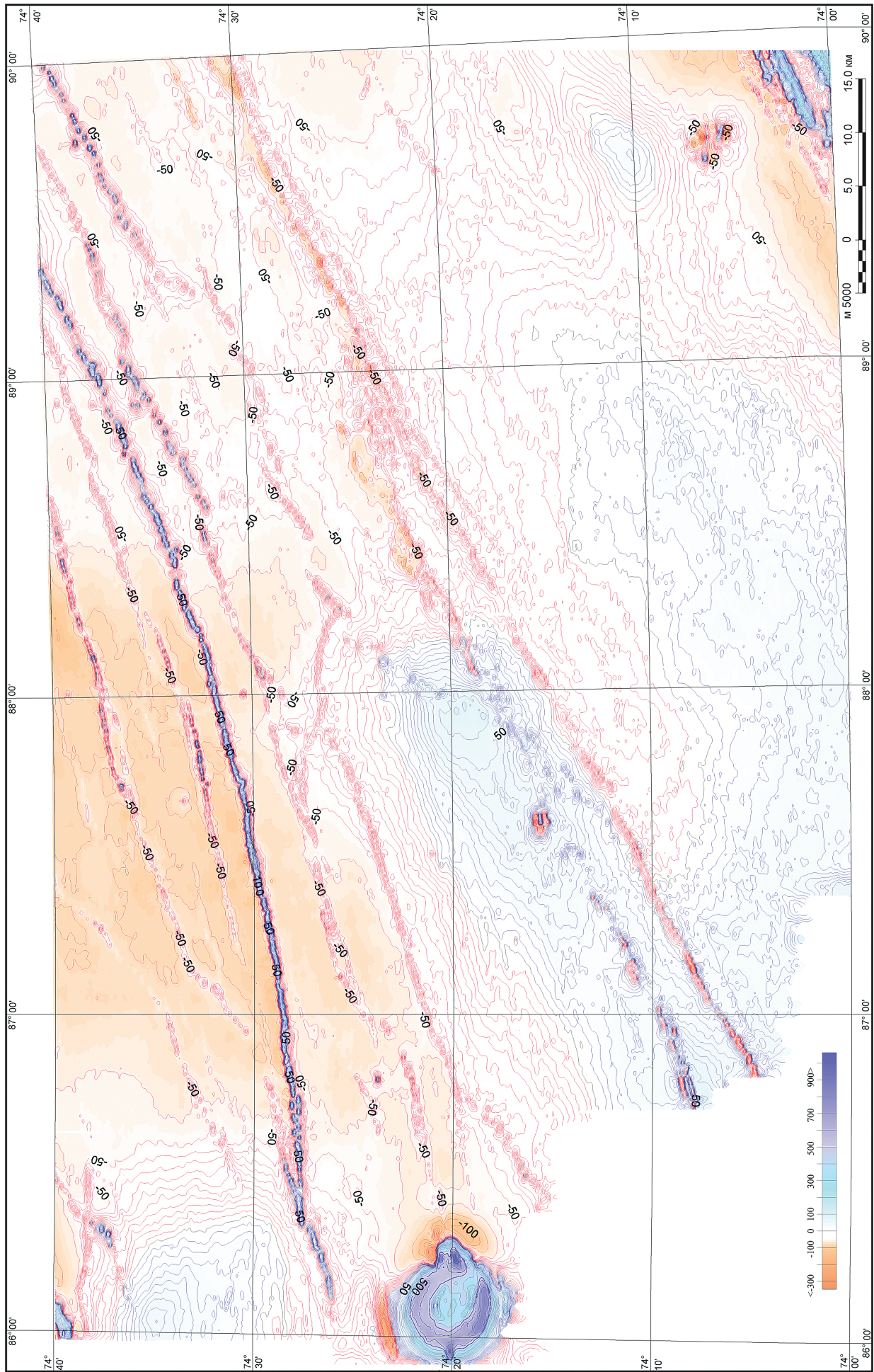


Рис. 2. Карта аномального магнитного поля

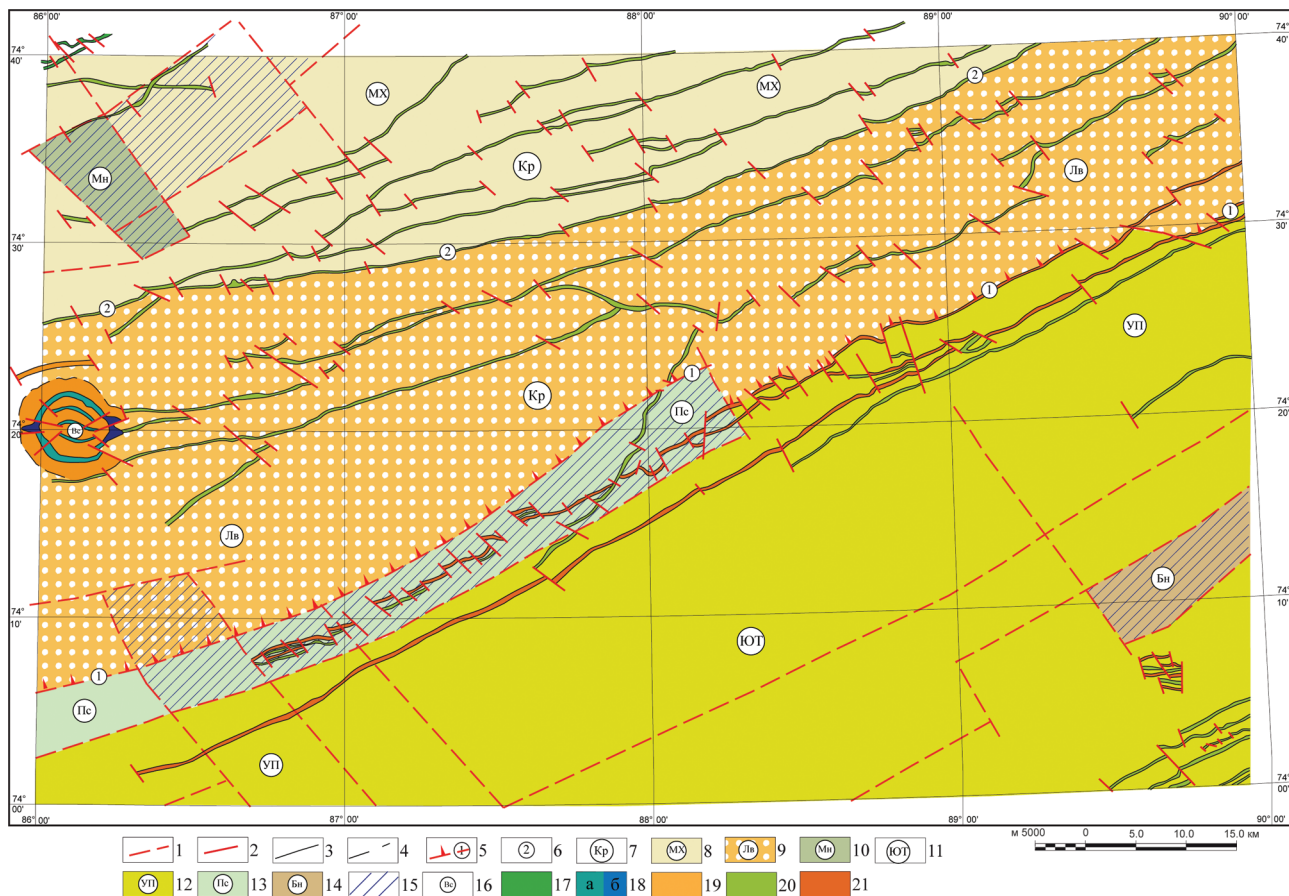


Рис. 3. Схема тектонического строения листов S-45-XV-XVIII

1 – разрывные нарушения глубинные, установленные по геофизическим данным; 2 – мелкие разрывы; 3 – геологические границы интрузивных образований пёстрого состава; 4 – геологические границы интрузивных образований кислого состава; 5, 6 – главные разрывные нарушения: 5 – Пясино-Фаддеевский (по геофизическим данным, на западе по фундаменту, на востоке по поверхности), 6 – Хутудинский; 7–14 – тектонические структуры: 7 – Карское сводовое поднятие, структура 1-го порядка, 8 – Мининско-Хутудинский блок (рифейско-вендские отложения), 9 – Ленивенская антиклиналь (в осевой части верхнерифейские отложения), 10 – Мининская грабен-синклиналь, 11 – Южно-Таймырский прогиб, структура 1-го порядка, 12 – Усть-Пясинская кулиса (ордовик-триасовые отложения), 13 – Пясинская терраса (ордовик-силурийские отложения), 14 – Бинюдский выступ (антиклиналь, ордовик-силурийские отложения); 15 – магнитоактивные породы фундамента, приближенные к поверхности; 16 – ЛТС Высокая, представленная двумя фазами магматизма; 17–21 – интрузивные образования: 17 – севербыррангский комплекс (vPR_{2sb}) габбро, долериты (высокомагнитные); оленьинский комплекс, 18 – 1-я фаза (δP_2o) (а – габбро, диориты (высокомагнитные), б – предполагаемые участки вертикальных подводящих каналов основного состава), 19 – 2-я фаза (γP_2o) субщелочные граниты, лейкограниты (немагнитные); быррангский комплекс, 20 – 1-я фаза (βT_1br) – габбро-долериты, долериты (высоко- и среднемагнитные), 21 – 2-я фаза (γT_1br) – оливиновые долериты? (немагнитные)

щелочных гранитов оленьинского комплекса. Они частично расплавляют и метаморфизируют вмещающие породы и инъективы основного ряда, занимая апикальную (немагнитную) часть объекта и частично периферические участки, которые фиксируются по наличию дуговых отрицательных аномалий в трансформанте магнитного поля. Щелочные граниты обладают меньшей плотностью по сравнению с другими породами кристаллического фундамента, а их вертикальный подводящий канал имеет значительные размеры, поэтому в поле силы тяжести объект отмечается изометрической отрицательной аномалией.

Интрузивные образования основного состава внедрялись по узким вертикальным подводящим каналам и на поверхности приобрели форму «шляпки». В дальнейшем внедрение интрузий кислого состава происходило в ядерной ослабленной части с излиями на поверхность и за пределы контура инъекций 1-й фазы. В результате

центральная часть оказалась расплавленной и глубокометаморфизованной. Сохранившиеся фрагменты интрузий основного состава отмечаются в виде кольцевой высокоинтенсивной аномальной зоны свыше +500 нТл, а в апикальной части дуговыми аномалиями трансформант магнитного поля средней интенсивности. Форма интрузивного объекта – лакколит (грибообразная форма). Диаметр структуры около 10 км.

Быррангский комплекс (βT_1br) представлен интрузиями от оливиновых долеритов до габбро-долеритов. Они образуют многоярусные силы мощностью от 5 до 80 м и протяженностью от первых до десятков километров. Интрузии комплекса вскрыты в зоне Пясино-Фаддеевского разлома в поле ордовик-силурийских отложений. Выделяются они и в пределах Карского поднятия по магнитометрическим данным. Направление цепочек протяженных тел меняется от субширотного до северо-восточного.

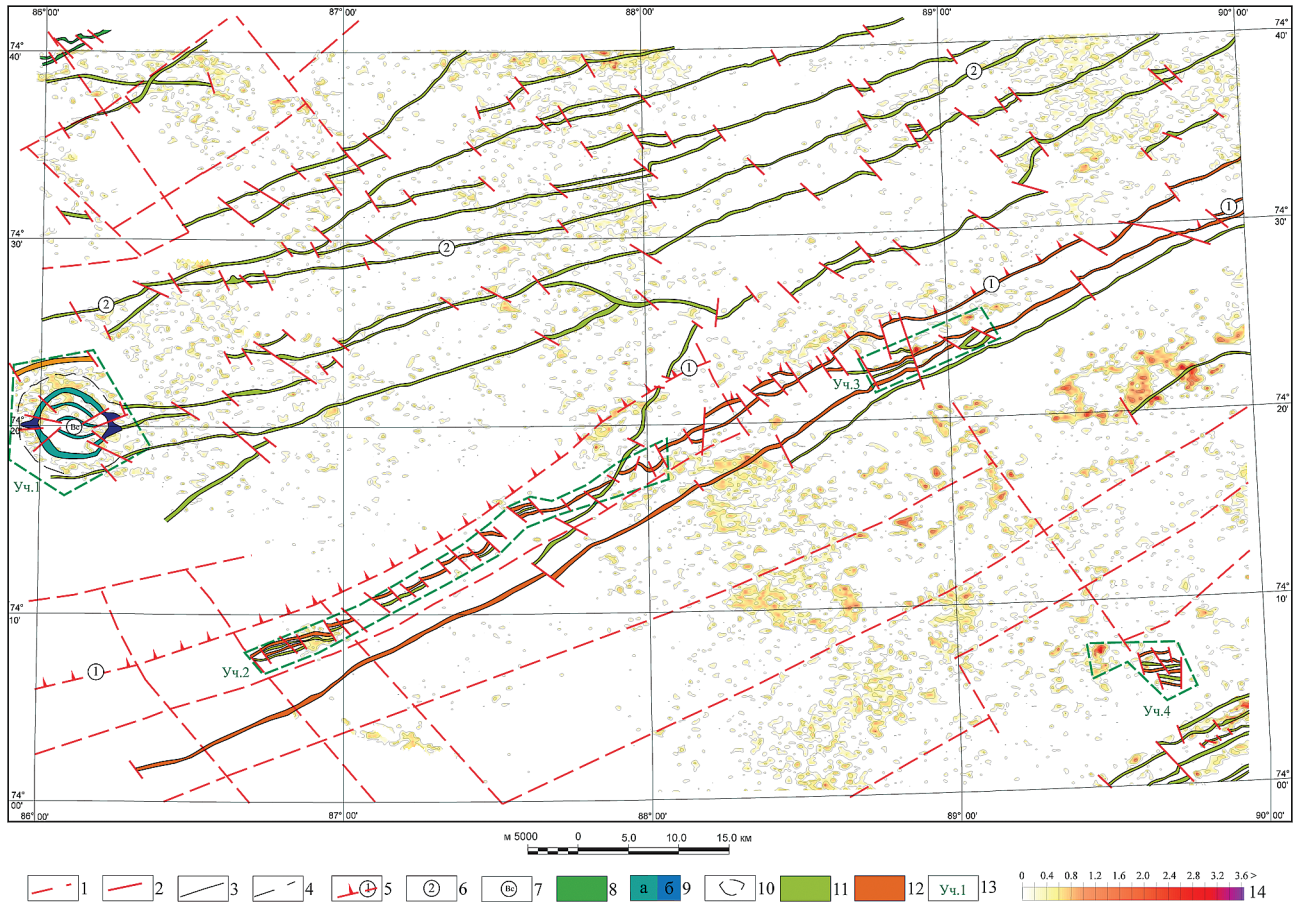


Рис. 4. Прогнозная схема расположения перспективных участков с элементами интерпретации листов S-45-XV–XVIII

Усл. обозн. 1–6 см. на рис. 1; 7 – ЛТС Высокая, представленная двумя фазами магматизма; 8–12 – интрузивные образования: 8 – севербыррангский комплекс (vPR_{sb}) габродолериты (высокомагнитные), 9, 10 – оленьинский комплекс: 9 – 1-я фаза (δP_{2o}) (а – габбро, диориты (высокомагнитные), б – предполагаемые участки вертикальных подводящих каналов основного состава), 10 – 2-я фаза (γP_{2o}) – субшелочные граниты, лейкограниты (немагнитные); 11, 12 – быррангский комплекс: 11 – 1-я фаза (βT_{br}) – габбро-долериты, долериты (высоко- и среднемагнитные), 12 – 2-я фаза (γT_{br}) – оливиновые долериты? (немагнитные); 13 – участки, перспективные на поиски коренных источников золота; 14 – шкала на фонных, нормализованных по стандартному отклонению значений калия, $K = (K_j - K_{cp})/S, \%$

В районе Пясино-Фаддеевского разлома выделены линейные аномалии положительного и отрицательного знаков, связанные с различными магнитными свойствами интрузий и этапами их внедрения. Прослеживаются две субпараллельные цепочки отрицательных аномалий. Следует отметить, что южная цепочка отрицательных аномалий уверенно трассируется узкой линейной зоной по всей площади листов. Северная цепочка местами прерывается, наблюдаются ветвление, смещение осей немагнитных интрузий по мелким разрывам преимущественно северо-западных румбов, и здесь же фиксируются отдельные сохранившиеся фрагменты даек основного состава на западе и в центре в виде положительных аномалий. На востоке южнее зоны Пясино-Фаддеевского разлома устойчиво выделяется линейная узкая положительная аномалия, связанная с силлом основных пород. По характеру сохранности можно предположить, что магнитные тела внедрялись на начальном этапе нижнетриасовой тектонической активности. Севернее в пределах Карского поднятия отмечаются только узкие линейные положительные аномалии, связанные с пластовыми телами (силлами) основного состава. Внедрение их также

происходило поэтапно, о чём свидетельствуют их ветвление и пересечения. Состав интрузий: габбро (диабазы) высокомагнитные $+(100-400)$ нТл, габбро-долериты среднемагнитные $+(10-150)$ нТл и оливиновые долериты немагнитные $-(200-10)$ нТл. Высокомагнитные тела трассируют зону Хутудинского разлома.

На карте $(\Delta T)_a$ магнитные пластовые тела быррангского комплекса упираются и облекают плутогенную структуру (ЛТС Высокая), что подтверждает более молодой возраст их образования по сравнению с оленьегорским комплексом.

Одной из основных моделей золото-кварцевого оруденения на рассматриваемой территории является *плутогенно-гидротермальная*. Месторождения золота формируются в условиях сводово-глыбового тектогенеза, связанного с развитием габброгранитоидного магматизма в виде плутогенных структур – куполов (массивов), штоков, и могут сопровождаться мелкими интрузиями в виде силлов и даек различного состава более молодого возраста.

Золото-сульфидно-кварцевые и золото-кварцевые месторождения плутогенно-метаморфогенного генезиса являются наиболее распространенными

типами благороднометалльных месторождений, развитых в углеродисто-карбонатно-терригенных комплексах. Они распространены во всех типах структур подвижных поясов (эпи- и перикратонных), известны как в мезосинклинальных, так и в наложенных позднегеосинклинальных и орогенных прогибах. Для этих месторождений во всех типах геологических структур отмечаются следующие важные факторы их локализации [1]:

– развитие полициклического и полигенного габбро-гранитоидного магматизма (от позднегеосинклинальных до посторогенных);

– длительное развитие мощных зон смятия глубокого заложения, сопровождающееся в рудовмещающем структурном этаже разветвленной системой оперяющих разломов;

– формирование локальных плутогенных структур, представленных несколькими фазами интрузивного магматизма;

– наличие в рудоносно-рудовмещающих углеродисто-карбонатно-терригенных комплексах «донорских» рудоносных горизонтов с рассеянной золото-сульфидной минерализацией.

Выделяются следующие типовые обстановки распределения месторождений относительно плутогенных структур: надинтрузивно-интрузивная, малоудаленно-умеренноудаленная и удаленная [2, 3].

Рудообразующую роль играют раннеорогенная габбро-долеритовая формация – 1-я фаза. Рудогенерирующими являются различные разновидности гранитов – 2-я фаза.

Локализация рудных (гидротермально-метасоматических) процессов прослеживается в пределах апикальных и краевых частей ЛТС, сформированных двумя фазами магматизма основного и кислого составов, а также на удалении, в местах сближения и пересечения силлов и даек пёстрого состава более молодого возраста.

Золото-кварцевое оруденение локализуется в зонах экзо- и эндоконтактов различных интрузий кислого состава с вмещающими терригенно-вулканогенно-карбонатными породами.

В пределах рассматриваемых листов по геолого-геофизическим данным выделена плутогенно-интрузивная структура (ЛТС Высокая). По типовой обстановке распределения предполагаемых проявлений золотосульфидно-кварцевой формации выделяются следующие структуры:

– надинтрузивная – апикальная часть интенсивно метаморфизована, поэтому есть вероятность отсутствия контактов инъективов кислого ряда с вмещающими породами. Центральную часть ЛТС занимает оз. Высокое;

– малоудаленная – по внешнему обрамлению ЛТС обстановка идеальная. Дополнительным условием формирования перспективных гидротермально изменённых зон являются дайки основного состава более молодого возраста (разогревающий эффект);

– удаленная – наличие силлов (даек) пёстрого состава, сближенных и непосредственно примыкающих друг к другу.

Для локализации участков, перспективных на золото, использованы следующие поисковые аэрогамма-спектрометрические признаки:

– повышенные концентрации калия $> q_{cp} + 1,3S$;

– повышенные положительные значения доминанты калия в системе калий–торий $D(K, Th) > 1,5$ ед.;

– повышенные, нормализованные по стандартному отклонению значения содержания калия $1,5-3,5$ %.

Существенным недостатком по выделению непосредственно объектов калиевого метасоматоза является достаточно мелкий масштаб КАГС. Зоны гидротермально измененных пород имеют существенно меньшие поперечные размеры от метров до первых сотен метров. Для их выделения выполняются детальные аэрогеофизические исследования масштаба 1 : 10 000.

По результатам комплексной интерпретации геолого-геофизических данных приоритетный интерес представляют участки, в пределах которых выявлены процессы, связанные с интрузивной деятельностью кислого и основного состава (рис. 4):

– по периферии ЛТС Высокая (уч. 1);

– в зоне южнее Пясино-Фаддеевского разлома, в местах сближения силлов пёстрого состава (участки 2, 3);

– на юго-востоке площади, в местах локального размещения мелких даек пёстрого состава (уч. 4).

На участках прослеживаются повышенные значения калиевой и урановой составляющих триады естественных радиоактивных элементов и доминанты калия к торию.

Остальные области с повышенными значениями калиевой и урановой составляющих радиохимического поля в пределах листов не имеют установленной по аэрогеофизическим данным связи с интрузивными образованиями кислого состава. Радиохимические признаки не увязываются и с геологической обстановкой. Повышенные значения триады элементов связаны с составом геологических пород и их обнаженностью в пределах положительных форм рельефа (водоразделы).

Выделенные участки рекомендованы для дальнейшего геолого-геофизического изучения. Возможно обнаружение новых рудопроявлений и месторождений коренных источников золота позволит в дальнейшем продолжить промышленное развитие северного региона.

1. Курбанов Н.К., Фогельман Н.А. Гетерогенность и конвергентные ряды месторождений золотоносных рудно-энергетических систем // *Отечеств. геология*. 1996. № 1. – С. 11–20.

2. Мавричев В.Г., Молодцов И.В., Виноградов А.Е. Аэрогеофизический комплекс при поисках коренных месторождений золота // *Разведка и охрана недр*. 2009. № 8. – С. 32–35.

3. Мавричев В.Г. Возможности крупномасштабных аэрогеофизических исследований при поисках золота в Бурятии / В.Г. Мавричев, И.В. Молодцов, А.Е. Виноградов, В.Н. Баранов, В.П. Чурсин // *Руды и металлы*. 2009. № 6. – С. 18–23.

1. Kurbanov N.K., Fogelman N.A. Heterogeneity and convergent deposit series of gold ore energy systems. *Otechestv. geologiya*. 1996. No 1, pp. 11–20. (In Russian).

2. Mavrichev V.G., Molodtsov I.V., Vinogradov A.E. Airborne geophysical complex in the search for primary gold deposits. *Razvedka i okhrana neдр*. 2009. No 8, pp. 32–35. (In Russian).

3. Mavrichev V.G., Molodtsov I.V., Vinogradov A.E., Baranov V.N., Chursin V.P. Possibilities of large-scale airborne geophysical studies in the search for gold in Buryatia. *Rudy i metall*. 2009. No 6, pp. 18–23. (In Russian).

Лазарев Федор Дмитриевич – директор, НФ ВСЕГЕИ¹. <nfvsegei@mail.ru>
Белов Дмитрий Анатольевич – геолог, НФ ВСЕГЕИ¹.
Онищенко Андрей Николаевич – ведущий геолог, НФ ВСЕГЕИ¹.
Молодцов Игорь Вадимович – ведущий геофизик, НФ ВСЕГЕИ¹. <geomolod@yandex.ru>

Lazarev Fedor Dmitrievich – Director, NF VSEGEI¹, <nfvsegei@mail.ru>
Belov Dmitriy Anatol'evich – Geologist, NF VSEGEI¹.
Onishchenko Andrey Nikolaevich – Lead Geologist, NF VSEGEI¹.
Molodtsov Igor' Vadimovich – Lead Geophysicist, NF VSEGEI¹. <geomolod@yandex.ru>

¹ Норильский филиал Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского (НФ ВСЕГЕИ). Пр. Ленинский, д. 21А, а/я 1330, Норильск, Красноярский край, 663300, Россия.
The Norilsk branch of A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (NF VSEGEI). P.O.B. 1330, Norilsk, 663300, Russia.