

УДК 550.8 (470.64)

DOI: 10.23671/VNC.2018.3.16547

ОЦЕНКА МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ОСНОВЕ ОЦИФРОВКИ И ПЕРЕИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ АНАЛОГОВОЙ АЭРОМАГНИТНОЙ СЪЕМКИ НА ПРИМЕРЕ МАЛКА-МУШТИНСКОГО РУДНОГО УЗЛА (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ)

© 2018 С.Г. Парада, д.г.-м.н.

Геофизический институт – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Россия, 362002, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: segripa@rambler.ru

Осуществлена оцифровка данных аналоговой аэромагнитной съемки конца 60-х годов прошлого столетия, что дало возможность применить цифровые методы обработки больших массивов данных на основе ГИС-технологий. Решались две задачи – получение числового массива, описывающего ΔT_a по исследуемой площади и выделение разномасштабных аномалий поля ΔT_a (локальных, площадных и региональных), обусловленных геологическими объектами, представляющими металлогенические факторы (рудогенерирующие интрузивные тела, рудоподводящие, рудораспределяющие и рудо локализирующие разломы, признаки литологического контроля оруденения). В итоге выделены аномалии регионального и площадного (среднемасштабного) фона магнитного поля и локальные аномалии. Это позволило уточнить геологическое строение и металлогенические перспективы территории. В частности, по особенностям распространения локальных аномалий и площадного фона выявлено и прослежено продолжение Малкинского гранитоидного массива под толщей метаморфических сланцев далее на северо-восток, установлено, что наиболее перспективная часть Малка-Муштинского рудного узла располагается в кровле Малкинского гранитного массива, в месте ее резкого погружения по крутому рудоподводящему разлому северо-западного простирания. Выделение локальных аномалий магнитного поля позволило выявить не выходящие на поверхность (слепые) тела габбро-диабазов и габбро-диоритов Хасаутского интрузивного комплекса на правобережной части Малка-Муштинского рудного узла, что расширяет перспективы обнаружения слепых рудных тел.

Ключевые слова: цифровые технологии, аномалии магнитного поля, металлогенические факторы, рудоносные зоны, рудные залежи, золото, свинец, цинк.

Введение

В последние годы на Северном Кавказе проведены поисковые работы на золото, в результате чего открыты и изучены проявления золотоносных минерализаций в различных его районах и оценены их перспективы [Распопов и др., 2008; Емкужев и др., 2013 и др.]. Одними из таких проявлений являются минерализации золото-сульфидно-кварцевой и золото-кварцевой формаций в углеродистых породах рифейского возраста бечасынского метаморфического комплекса [Парада и др., 2015], с которыми связаны аллювиальные россыпи золота по долинам рек Малка, Хасаут, Мушта. В совокупности с месторождениями и рудопроявлениями свинца, цинка, вольфрама и др. они представляют Малка-Муштинский рудный узел. Перспективы рудной золотоносности рудного узла обоснованы в научных публикациях [Пичужков и др., 2005; Вертий, Щеглов, 2009; Парада и др., 2011, 2014]. В ходе специальных поисковых работ в пределах Малка-Муштинского рудного узла по комплексу геологических и металлогенических признаков выделены Хасаутское и При-

гранитные рудные поля. В пределах Хасаутского рудного поля выявлены наиболее перспективные на золото-кварц-сульфидное и золото-кварцевое оруденения залежи Хасаутская, Роговиковая, Прямая и зоны Сульфидная и Кварцитовая (левобережье р. Малки). А в пределах Пригранитного рудного поля выявлена золоторудная зона Караныкольская (правобережье р. Малки) [Парада и др., 2015]. Все зоны и залежи выделены по результатам опробования в штуфах и горных выработках, геолого-структурным особенностям, геофизическим и геохимическим данным. При этом установлена стратиформноподобная морфология рудных тел, связанная с концентрацией субпромышленных содержаний золота в подэкранных пространствах габброидных силлов Хасаутского интрузивного комплекса в условиях относительно крутых зон повышенной проницаемости. Такая модель соответствует одной из стандартных геолого-поисковых моделей золотого оруденения в терригенных и вулканогенно-терригенных комплексах [Нарсеев и др., 1986; Кривцов, 1991]. Однако содержания золота во всех выявленных с поверхности минерализованных зонах и залежах оказались довольно низкими, что в современных условиях делает не рентабельной их отработку. Тем не менее, в будущем, с увеличением цен на золото и совершенствованием технологий обогащения руд, эти объекты могут оказаться востребованными. К тому же слабая изученность Малка-Муштинского рудного узла на глубину позволяет надеяться в перспективе на открытие слепых рудных залежей с более высокими содержаниями золота [Парада и др., 2015]. Для их обнаружения необходимо более широкое применение геофизических методов и их адаптация к условиям Малка-Муштинского рудного узла [Заалишвили и др., 2015; Тарасов и др., 2015; Парада, Тарасов, 2017]. При этом, как показано нами ранее [Шишкалов, Холод, 2011; Маркин и др., 2016] можно с успехом использовать старые аналоговые геофизические материалы, которые, безусловно, несут в себе важную информацию, и после оцифровки могут быть обработаны современными методами компьютерного анализа и интерпретации. Наиболее ценным результатом оцифровки является возможность разделения первичной информации на отдельные компоненты (фоновые значения, площадные, локальные и остаточные аномалии), сопоставлять их с различными вещественно-структурными комплексами и геологическими условиями проявлений полезных ископаемых.

Материалы и методы

В геологических фондах имеются результаты аэромагнитной съемки на всю территорию Малка-Муштинского рудного узла, проведенной в конце 60-х годов прошлого столетия с использованием аппарата АСГМ-25 Малкинской геофизической партией под руководством Н.С. Яковенко. Масштаб съемки составил 1:25000, точность замеров магнитного поля – 10 нТл. При этом максимальная высота полетов по маршрутам составляла 700 метров. Основным результатом выполненных работ стали карта графиков и карта изолиний магнитного поля. Отсутствие карты локальных аномалий препятствует выявлению и анализу наиболее интересных в поисковом отношении аномалий, интенсивность которых составляет 25–100 нТл.

Для оцифровки магнитного поля было получено растровое изображение карты графиков путем сканирования, после чего она импортировалась в программу Arc Gis 9.1 (приложение Arc Map) и была привязана в проекции Gaussa Krugera, Pulkovo 1942 (рис. 1а).

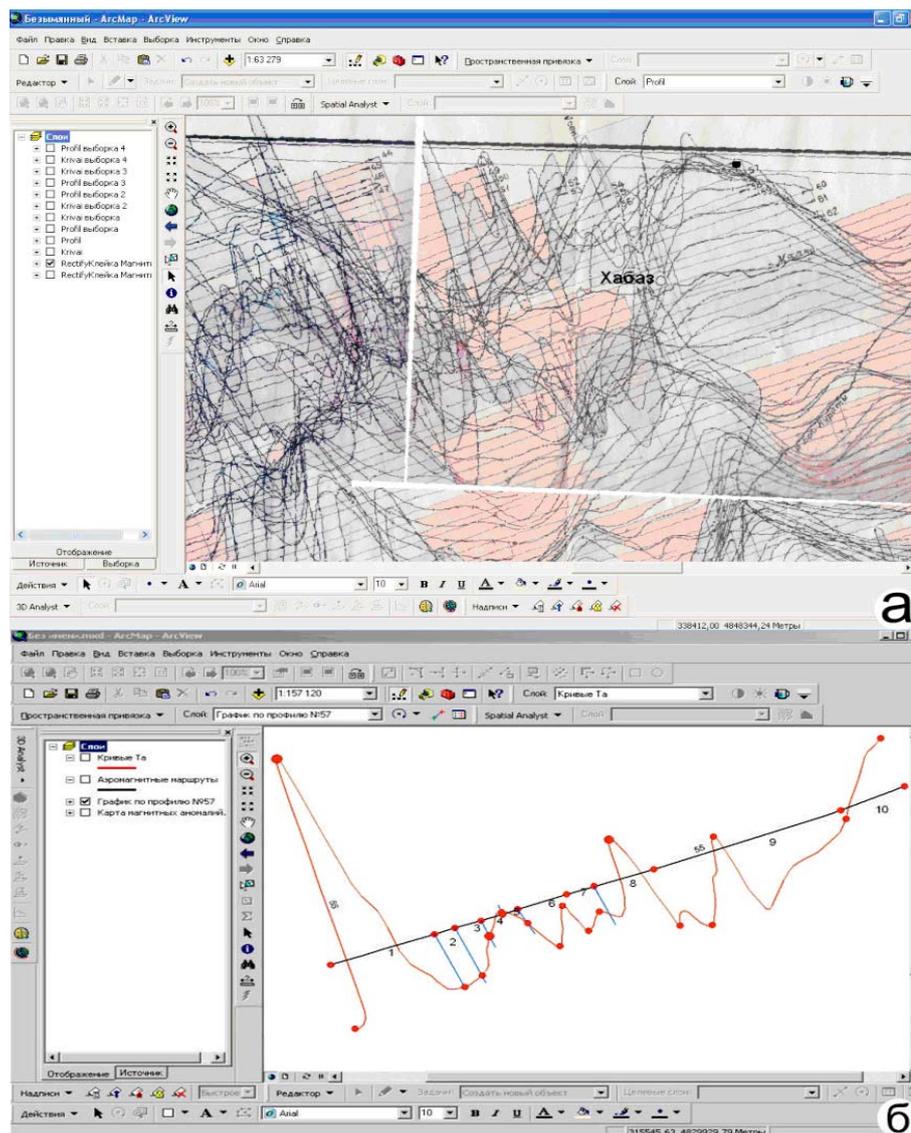


Рис. 1. Оцифровка графиков ΔT_{α} в Arc Map.

а – исходное растровое изображение карты графиков ΔT_{α} в Arc Map (а);
 б – пример выделения опорных точек на графиках ΔT_{α} для последующей векторизации

После этого решались две задачи – получение числового массива, описывающего ΔT_{α} по исследуемой площади и выделение разномасштабных аномалий поля ΔT_{α} , обусловленных геологическими объектами, как выходящими на дневную поверхность, так и залегающими на средних и больших глубинах (локальные, площадные и региональные). Для решения первой задачи в программном комплексе Arc Gis 9.1 (приложение Arc Map) осуществлена векторизация графиков поля ΔT_{α} (рис. 1б). С помощью программы оцифровки графиков Graph2Digit осуществлен переход от аналогового описания к созданию числовых массивов. Для этого получены значения начальных и конечных координат $X_0, Y_0; X_k, Y_k$ аэромагнитных маршрутов, а также максимальные и минимальные значения ΔT_{α} . Указанные параметры используются для градуировки осей X и Y. Аэромагнитный маршрут не является прямой линией. Поэтому он подразделялся на прямые отрезки и профиль разделялся на два и более интервала, устанавливались значения $\Delta T_{\alpha i}$ и значение X_i в каждом линейном интервале маршрута.

Значение ΔT_i определялось как длина перпендикуляра, опущенного с кривой графика на линию профиля. Для всего массива рассчитывались координаты точек Y_i . Расчет производился в несколько этапов. В первую очередь подсчитывалась разница между координатами X_i и X_0 , что позволяло определить угол α (угол наклона аэромагнитного профиля относительно оси X). Затем для получения значений ΔT_i с регулярным шагом в программе Graph2Digit, график поворачивался до горизонтального положения (угол α) (рис. 2а).

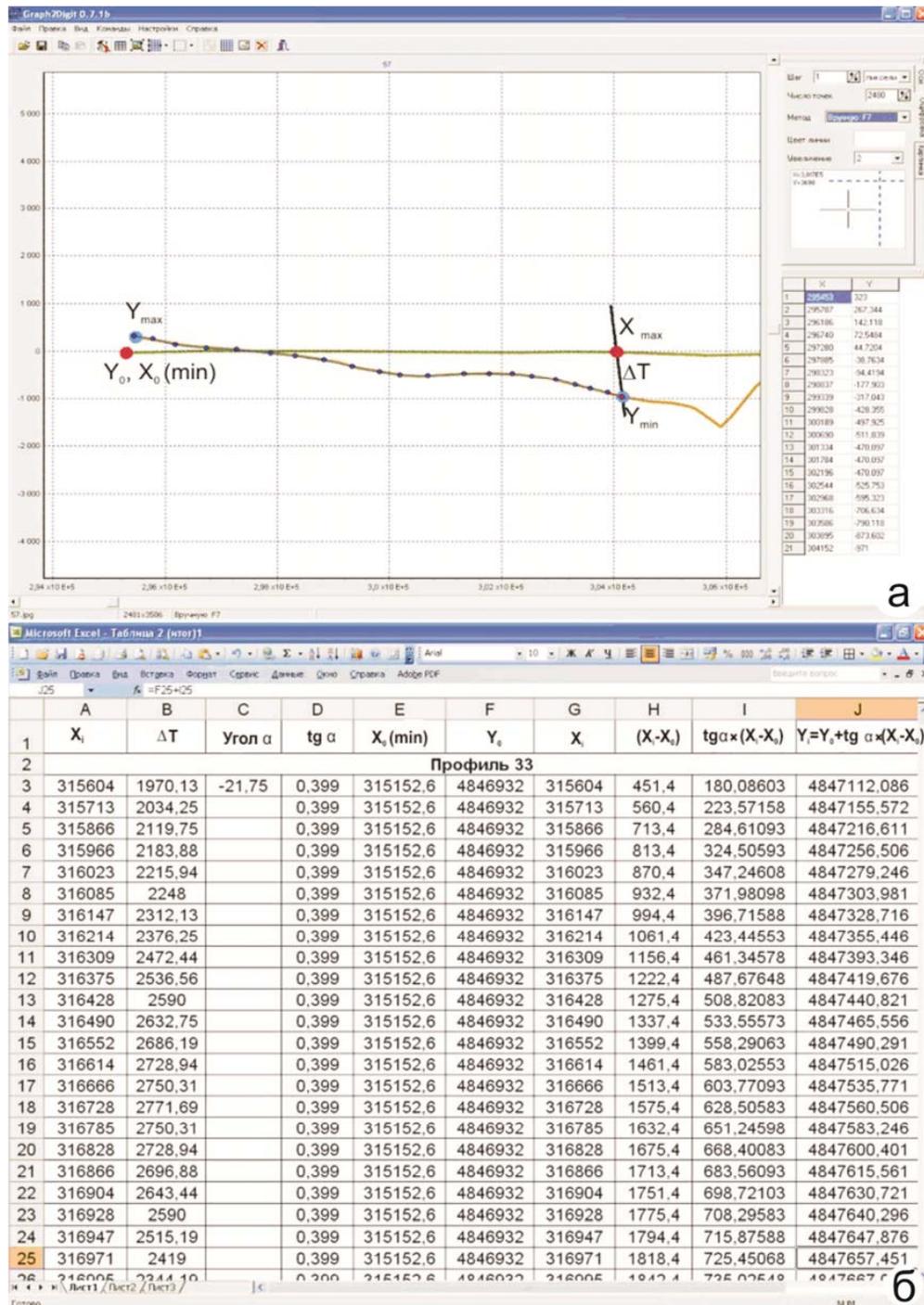


Рис. 2. Пример снятия значений с графика ΔT_i (а) и таблица значений ΔT_i (б). Точки на профиле – значение X_0 , Y_0 ; X_k , Y_k , точки на кривой – значение max и min ΔT_i , прямая линия – разделение аэромагнитного маршрута на 2 прямых отрезка

Далее вычислялся tg угла α , чтобы координаты по оси Y , уже повернутого графика совпали с начальным положением профиля. В результате описанных выше операций получены массивы значений ΔT_a и Y_i . Значения Y_i рассчитывались с учетом угла α . Весь массив данных X_i , Y_i и ΔT_a был занесен в Arc Map. При помощи дополнительного модуля Arc Gis 9.1 Spatial Analyst методом крайгинга создана регулярная сеть значений ΔT_a (рис. 2б).

Крайгинг используется для построения карт в изолиниях. В отличие от обычных алгоритмов оконтуривания, он имеет статистически оптимальные свойства. Наиболее важным является то, что этот метод обеспечивает оценку ошибки интерполяции. Крайгинг использует информацию из полувариограммы для нахождения оптимальных весовых коэффициентов при вычислении оценки поверхности в точках, отличных от точек опробования [Дэвис, 1990]. Такая технология позволяет не только получить расчетную поверхность, но также определить значение точности или достоверности расчета. Крайгинг использует вариограммы и ковариационные функции для оценки значений статистических зависимостей (называемых пространственной автокорреляцией), которые зависят от модели автокорреляции (модели согласования) [Руководство..., 2001].

Результаты и обсуждение

Описание магнитного поля в регулярной сети точек (50x50 м) позволило перейти к подразделению его на составляющие, связанные с магнитными объектами различной глубинности. В начале построена карта изолиний исходных данных с отображением изолиний регионального фона ΔT_a (рис. 3).

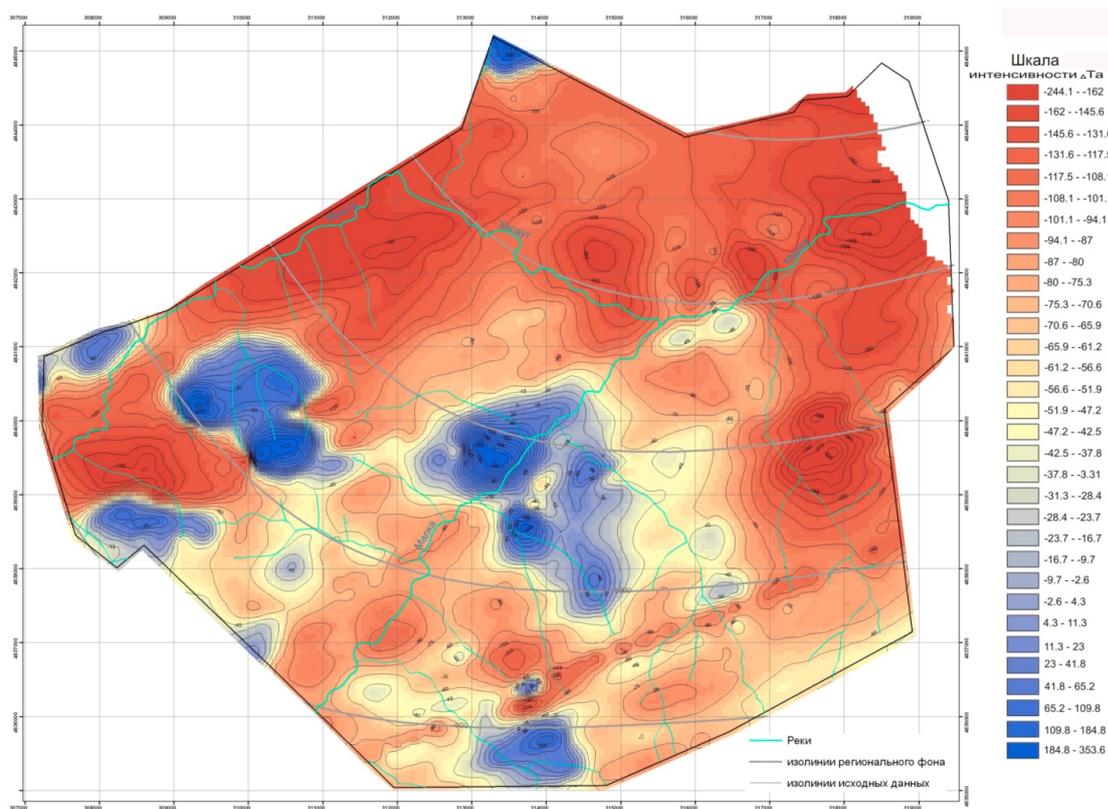


Рис. 3. Карта изолиний исходных данных и изолиний регионального фона ΔT_a .

Предполагается, что магнитовозмущающими объектами регионального фона являются крупные скопления магматических образований на глубине, или крупные блоки фундамента. Расчет значений регионального фона, осуществлялся методом статистики по окрестностям, которая вычисляет выходной GRID, где значение каждой ячейки является функцией от значений входных ячеек в окрестности этой ячейки. После этого вычислялась разница исходного поля и фона. Как показано в работе [Давыденко, 2006], остаточные аномалии, полученные после вычитания фона, еще включают в себя крупные по площади аномалии, но интенсивность и горизонтальные градиенты их ниже, чем у аномалий региональных объектов.

Поэтому следующим шагом является нахождение площадных аномалий. В анализируемом регионе они обусловлены глубоко погруженными частями магнитных объектов, верхняя часть которых определяет локальные магнитные аномалии. Локальные аномалии получены в результате вычитания из исходных данных параметров фона и площадных аномалий (рис.4). Они связаны с близповерхностными или выходящими на поверхность магнитовозмущающими объектами. Установлены положительные и отрицательные магнитные аномалии. Отрицательные аномалии проявлены в интервале от -173 до -15 нТл, пространственно совпадают с полями развития протерозойских туфопесчаников и туфоалевролитов. Распространение положительных магнитных аномалий в центральной и западной частях исследуемой территории, возможно обусловлено локальными подъемами кровли единого Малкинского гранитного массива, выходящего на поверхность в северо-западной части изучаемой площади.

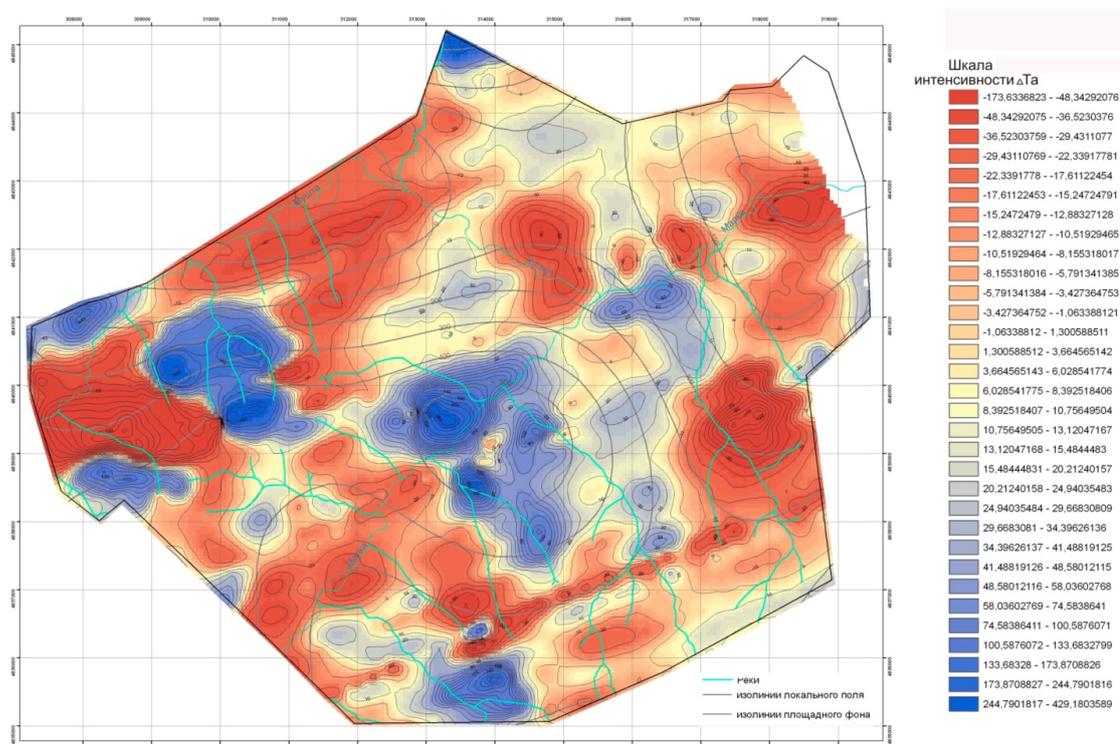


Рис. 4. Карта локальных аномалий и изолиний площадного фона ΔT_a

Изолинии локального поля, оконтуривающие более мелкие аномалии, расположенные в центральной, западной и южной частях изучаемой территории, возможно связаны с апофизами гранитного массива, кровля которых расположена в десятках метров от поверхности.

Заключение

Таким образом, в результате обработки и преобразования данных магнитной съемки, и сопоставления их с основными опубликованными и фондовыми материалами по геологии, тектонике, магматизму и полезным ископаемым, интерпретация магнитного поля Малка-Муштинского рудного узла выглядит следующим образом.

В магнитном поле рассматриваемой территории выделены элементы глубинных структур, наличие и характер которых подтверждается геологическими материалами. Основные складчатые и разрывные структуры скрытой части разреза выражаются в магнитном поле характерными аномалиями. В результате полученных новых данных об особенностях магнитного поля прослежены крупные длительно развивающиеся глубинные разломы общекавказского простирания, а также зоны поперечных тектонических нарушений. В качестве последних четко выделяются три зоны восток-северо-восточного простирания, которые соответствуют линейным отрицательным аномалиям остаточного и локального магнитных полей и смещают другие относительно изометричные аномалии.

В локальном магнитном поле установлены положительные и отрицательные аномалии. Отрицательные магнитные аномалии проявлены в интервале от -173 до -15 нТл и пространственно совпадают с полями развития туфопесчаников и туфоалевролитов малкинской и шиджатмазской свит верхнепротерозойского комплекса. Распространение положительных магнитных аномалий в центральной и западной частях исследуемой территории, судя по изолиниям фона, возможно обусловлено залеганием на глубине единого гранитоидного массива, выходящего на поверхность за пределами северо-западной рамки изучаемой площади.

Изолинии локального поля, оконтуривающие более мелкие положительные аномалии, расположенные в центральной, западной и южной частях, связаны с повышенным количеством магнитных минералов, образующихся в зоне контактового метаморфизма. Они интерпретируются нами как апофизы Малкинского гранитного массива. Сами граниты в магнитном поле не выделяются ввиду слабой намагниченности и слабой контрастности по магнитным свойствам с вмещающими породами.

В магнитном поле исследуемой площади уверенно выделяется цепочка мелких магнитных аномалий, дугообразно протягивающихся вдоль долины р. Хасаут и далее на правобережье р. Малки вдоль долины р. Чегет Лахран. Часть из них совпадает с обнажающимися на поверхности телами габбро, диабазов, габбро-диоритов хасаутского магматического комплекса, следовательно, другие подобные аномалии могут указывать на наличие не выходящих на поверхность (слепых) тел габброидов. В целом, в районе приустьевой части долины р. Хасаут предполагается наличие глубинного очага магматизма хасаутского комплекса, который фиксируется относительно крупной изометричной отрицательной магнитной аномалией.

Относительно изометричные положительные аномалии остаточного поля, проявленные в верхнем течении р. Мушты и в районе полиметаллического месторождения Чочу-Кулак могут интерпретироваться как реликты подводящих каналов центрального типа андезитово-дацитового и липаритового вулканизма, проявленного в конце синемюрского – начале плинсбахского веков. Подобные образования проявлены в виде субвулканических интрузий соответствующего состава к северо-западу от изучаемого района на территории Маринского рудного района Карачаево-Черкесской республики, где с ними связана золотоносная кварц-полисульфидная минерализация.

Сопоставление карт магнитного поля с детальными геологическими картами Чочу-Кулакского месторождения показывает, что известные на исследованной площади полиметаллические рудные тела не нашли четкого отражения в магнитном поле. Очевидно, подобный характер оруденения не может быть выявлен с помощью только магнитной съемки и требует применения комплекса геофизических методов. Однако рудогенерирующие комплексы магматических пород методом магнитной съемки при достаточно тщательном анализе выявляются. В частности в качестве рудогенерирующего комплекса полиметаллического оруденения выявляются реликты жерловых фаций киммерийского вулканизма.

Таким образом, оцифровка данных аналоговой магнитометрической съемки позволила применить современные алгоритмы обработки данных на основе ГИС-технологий. В итоге выделены аномалии регионального и площадного (среднемасштабного) фона магнитного поля и локальные аномалии. Это позволило уточнить геологическое строение и металлогенические перспективы территории. В частности, по особенностям распространения локальных аномалий и площадного фона выявлено и прослежено продолжение Малкинского гранитоидного массива под толщей метаморфических сланцев далее на северо-восток. В связи с чем установлено, что наиболее перспективная часть Малка-Муштинского рудного узла располагается в кровле Малкинского гранитного массива, в месте ее резкого погружения. Локальные аномалии магнитного поля позволили более уверенно диагностировать не выходящие на поверхность (слепые) тела габбро-диабазов и габбро-диоритов Хасаутского интрузивного комплекса на правобережной части Малка-Муштинского рудного узла.

Литература

1. Вертий С.Н., Щеглов В.И. Многомерный регрессивный анализ золотоносности Муштинского рудного поля // Вестник ЮРГТУ. – 2009. – №1. – С. 52-60.
2. Давыденко Д.Б. ГИС ИНТЕГРО в комплексе работ по ГДП-200 при прогнозировании рудоносности площадей Восточного Донбасса // Геоинформатика. – 2006. – №2. – С. 29–38.
3. Дэвис Дж.С. Статистический анализ данных в геологии / Под ред. Д.А. Родинова; пер. с англ. В.А. Голубевой. – М.: Недра, 1990. – Т. 2. – 427 с.
4. Емкужев А.С., Парада С.Г., Столяров В.В., Тарасов В.А. Опыт применения крупномасштабной магнитной съемки при поисках золотого оруденения в Восточной части Передового хребта (Кабардино-Балкарская Республика) // Геология и геофизика Юга России. – 2013. – №3. – С. 3–19.
5. Заалишвили В.Б., Чотчаев Х.О., Невский Л.Н., Ольховский Г.П., Тибилов С.М., Гогичев Р.Р. Оптимизация геофизических и геохимических критериев поисков месторождений известных рудных формаций горной части Республики Северная Осетия-Алания // Геология и геофизика Юга России. – 2015. – №3. – С. 28-62.
6. Кривцов А.И. Структуры рудных полей и месторождений, металлогения и прогноз рудоносности. – М.: Недра, 1991. – 285 с.
7. Маркин М.Ю., Парада С.Г., Столяров В.В., Шишкалов И.Ю. Методика оцифровки данных аналоговой аэромагнитной съемки и переинтерпретации результатов на примере Малкинского серпентинитового массива. В сб.: Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. Отв. редактор Л.И. Полуфунтикова. – 2016. – С. 578–582.

8. Нарсеев В.А., Сидоров А.А., Фогельман Н.А., Яновский В.М., Буряк В.А. основы прогнозирования золоторудных месторождений в терригенных комплексах. – М.: ЦНИГРИ, 1986. – 192 с.

9. Парада С.Г., Маркин М.Ю., Столяров В.В., Шишкалов И.Ю. Геологические условия локализации золотоносных минерализаций и структура Муштинского рудного поля (Кабардино-Балкарская Республика) // Геология и геофизика Юга России. – 2015. – №2. – С. 51–65.

10. Парада С.Г., Столяров В.В., Маркин М.Ю., Шишкалов И.Ю. Проявление потенциально платиноносных гипербазитов в геохимических аномалиях Ni, Cr и Co на примере Восточной части Передового хребта (Кабардино-Балкарская Республика) // Геология и геофизика Юга России. – 2014. – №2. – С. 42–54.

11. Парада С.Г., Тарасов В.А. Применение метода вызванной поляризации при поисках золота в черносланцевых толщах Муштинского рудного поля (Северный Кавказ) // Геология и геофизика Юга России. – 2017. – №4. – С. 84–98.

12. Парада С.Г., Холод Ю.В., Шишкалов И.Ю. **Геохимия вторичных ореолов рассеяния Малка-Муштинского рудного узла (Северный Кавказ) // Вестник Южного научного центра РАН. – 2011. – Т. 7. №3. – С. 55–60.**

13. Пичужков А.П., Письменный А.Н., Терещенко В.В., Зарубина М.А. Новые данные о золотоносности протерозойских черносланцевых отложений Карачаево-Черкесского горст-антиклинория // Региональная геология и металлогения. – 2005. – №25. – С. 140-144.

14. Распопов Ю.В., Рышков М.М., Макарюха С.В., Будков Г.К. Основные тенденции развития минерально-сырьевой базы Южного ФО // Разведка и охрана недр. – 2008. – №3. – С. 21-25.

15. Руководство пользования Arc Gis 9, Spatial Analyst. ESRI, 380 New York Street, Redlands, CA 92373-8100, USA. Russian Translation by DATA+, Ltd. – 2001.

16. Тарасов В.А., Емкужев М.С., Парада С.Г., Столяров В.В. Геофизические методы при поисках золоторудной минерализации на флангах Тырнаузского рудного узла // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2015. – №1. – С. 109–117.

17. Шишкалов И.Ю., Холод Ю.В. Выявление интрузивных тел Малка-Муштинского рудного узла по результатам ГИС-обработки аэромагнитных данных // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2011. – №3. – С. 77–80.

DOI: 10.23671/VNC.2018.3.16547

EVALUATION OF METALLOGENIC FACTORS ON THE BASIS OF DIGITIZING AND RE-INTERPRETATION OF DATA ANALOG AEROMAGNETIC IMAGES OF THE EXAMPLE MALKA-MULTINSKOGO ORE UNIT (NORTH CAUCASUS)

© 2018 S.G. Parada, Sc. Doctor (Geol.-Min.)

Geophysical institute VSC RAS, Russia, 362002, RNO-Alania, Vladikavkaz,
Markov Str., 93a, e-mail: segripa@rambler.ru

Digitization of data of analog aeromagnetic survey of the late 60-ies of the last century was carried out, which made it possible to apply digital methods for processing large amounts of data on the basis of GIS technologies. We focused on two tasks – getting numeric array describing Δ of The study area and the allocation of multi-scale

anomaly field ΔT_A (local, areal and regional), due to geological features that represent metallogenic factors (rodegenerative Intrusive body, retopoligise, rodorazresheniye and ore localizing faults, signs of lithological control of mineralization). As a result, the anomalies of the regional and area (medium-scale) background of the magnetic field and local anomalies are identified. This allowed to clarify the geological structure and metallogenic prospects of the territory. In particular, by the peculiarities of local anomalies and area background distribution, the continuation of the Malkin granitoid massif under the thickness of metamorphic shales further to the North-East was revealed and traced, it was found that the most promising part of the Malka-Mushta ore node is located in the roof of the Malka granite massif, at the place of its sharp immersion in the steep ore-producing fault of the North-Western strike. The isolation of local magnetic field anomalies allowed to reveal non-surface (blind) bodies of gabbro-diabases and gabbro-diorites of the Khasaut Intrusive complex on the right Bank of the Malka-Mushta ore node, which extends the prospects for the detection of blind ore bodies.

Keywords: digital technologies, magnetic field anomalies, metallogenic factors, ore zones, ore deposits, gold, lead, zinc.

References

1. Vertij S.N., Shhegllov V.I. *Mnogomernyj regressivnyj analiz zolotonosnosti Mushtinskogo rudnogo polja* [Multidimensional regressive analysis of gold content of the Mushta ore field]. *Vestnik JuRGTU*. 2009. No.1. Pp. 52–60. (in Russian)
2. Davydenko D.B. *GIS INTEGRO v komplekse rabot po GDP-200 pri prognozirovani nii rudonosnosti ploskhadej Vostochnogo Donbassa* [GIS INTEGRO in the complex of works on GDP-200 in forecasting ore-bearing areas of the Eastern Donbass]. *Geoinformatika*. 2006. No.2. Pp. 29–38. (in Russian)
3. Djevis Dzh.S. *Statisticheskij analiz dannyh v geologii* [Statistical analysis of data in geology]. Pod red. D.A. Rodionova; per. s angl. V.A. Golubevoj. M. Nedra, 1990. Vol. 2. 427 p. (in Russian)
4. Emkuzhev A.S., Parada S.G., Stoljarov V.V., Tarasov V.A. *Opyt primenenija krupnomasshtabnoj magnitnoj s#emki pri poiskah zolotogo orudnenija v Vostochnoj chasti Peredovogo hrebta (Kabardino-Balkarskaja Respublika)* [The experience of using a large-scale magnetic survey in the search for gold mineralization in the Eastern part of the Forward Range (Kabardino-Balkaria Republic)]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*. 2013. No.3. Pp. 3–19. (in Russian)
5. Zaalishvili V.B., Chotchaev H.O., Nevskij L.N., Ol'hovskij G.P., Tibilov S.M., Gogichev R.R. *Optimizacija geofizicheskikh i geohimicheskikh kriteriev poiskov mestorozhdenij izvestnyh rudnyh formacij gornoj chasti Respubliki Severnaja Osetija-Alanija* [Optimization of geophysical and geochemical criteria for prospecting deposits of known ore formations of the mountainous part of the Republic of North Ossetia-Alania]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*. 2015. No.3. Pp. 28–62. (in Russian)
6. Krivcov A.I. *Struktury rudnyh polej i mestorozhdenij, metallogenija i prognoz rudonosnosti*. [The structures of ore fields and deposits, metallogeny and the forecast of mineralization]. M. Nedra, 1991. 285 p. (in Russian)
7. Markin M.Ju., Parada S.G., Stoljarov V.V., Shishkalov I.Ju. *Metodika ocifrovki dannyh analogovoj ajeromagnitnoj s#emki i pereinterpretacii rezul'tatov na primere Malkinskogo serpentinitovogo massiva*. [Method of digitization of analogue aeromagnetic survey data and reinterpretation of results on the example of the Malkinsk serpentinite massif]. V sb.: *Geologija i mineral'no-syr'evye resursy Severo-Vostoka Rossii*. Materialy VI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Otv. redaktor L.I. Polufuntikova. 2016. Pp. 578–582. (in Russian)
8. Narseev V.A., Sidorov A.A., Fogel'man N.A., Janovskij V.M., Burjak V.A. *Osnovy*

prognozirovaniya zolotorudnyh mestorozhdenij v terrigennyh kompleksah. [Fundamentals of forecasting of gold deposits in terrigenous complexes]. M. CNIGRI, 1986. 192 p. (in Russian)

9. Parada S.G., Markin M.Ju., Stoljarov V.V., Shishkalov I.Ju. Geologicheskie uslovija lokalizacii zolotonosnyh mineralizacij i struktura Mushtinskogo rudnogo polja (Kabardino-Balkarskaja Respublika) [Geological conditions for the localization of gold-bearing mineralizations and the structure of the Mushta ore field (Kabardino-Balkaria Republic)]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*. 2015. No.2. Pp. 51–65. (in Russian)

10. Parada S.G., Stoljarov V.V., Markin M.Ju., Shishkalov I.Ju. Projavlenie potencial'no platinonosnyh giperbazitov v geohimicheskikh anomalijah Ni, Cr i Co na primere Vostochnoj chasti Peredovogo hrebtja (Kabardino-Balkarskaja Respublika) [The manifestation of potentially platinum-bearing hyperbasites in the geochemical anomalies of Ni, Cr, and Co on the example of the Eastern part of the Forward Range (Kabardino-Balkaria Republic)]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*. 2014. No.2. Pp. 42–54. (in Russian)

11. Parada S.G., Tarasov V.A. Primenenie metoda vyzvannoj poljarizacii pri poiskah zolota v chernoslancevyh tolshhah Mushtinskogo rudnogo polja (Severnyj Kavkaz) [The application of the induced polarization method in the search for gold in the black shale strata of the Mushta ore field (Northern Caucasus)]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*. 2017. No.4. Pp. 84–98. (in Russian)

12. Parada S.G., Holod Ju.V., Shishkalov I.Ju. Geohimija vtorichnyh oreolov rassejaniya Malka-Mushtinskogo rudnogo uzla (Severnyj Kavkaz) [Geochemistry of the secondary halos of the Malka-Mushta Ore Scattering (North Caucasus)]. *Vestnik Juzhnogo nauchnogo centra RAN*. 2011. Vol. 7. No.3. Pp. 55–60. (in Russian)

13. Pichuzhkov A.P., Pis'mennyj A.N., Tereshhenko V.V., Zarubina M.A. Novye dannye o zolotonosnosti proterozojskikh chernoslancevyh otlozhenij Karachaevo-Cherkesskogo gorst-antiklinorija [New data on the gold content of the Proterozoic black shale deposits of the Karachay-Cherkess horst-anticlinorium]. *Regional'naja geologija i metallogenija*. 2005. No.25. pp. 140–144. (in Russian)

14. Raspopov Ju.V., Ryshkov M.M., Makarjuha S.V., Budkov G.K. Osnovnye tendencii razvitiya mineral'no-syr'evoj bazy Juzhnogo FO [Main trends in the development of the mineral and raw materials base of Southern FD]. *Razvedka i ohrana nedr*. 2008. No.3. Pp. 21–25. (in Russian)

15. Rukovodstvo pol'zovanija Arc Gis 9, Spatial Analyst. [User's manual Arc Gis 9, Spatial Analyst]. ESRI, 380 New York Street, Redlands, CA 92373-8100, USA. Russian Translation by DATA+, Ltd. 2001. (in Russian)

16. Tarasov V.A., Emkuzhev M.S., Parada S.G., Stoljarov V.V. Geofizicheskie metody pri poiskah zolotorudnoj mineralizacii na flangah Tyrnyauzskogo rudnogo uzla [Geophysical methods in the search for gold mineralization on the flanks of the Tyrnyauz ore cluster]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Geologija*. 2015. No.1. Pp. 109–117. (in Russian)

17. Shishkalov I.Ju., Holod Ju.V. Vyjavlenie intruzivnyh tel Malka-Mushtinskogo rudnogo uzla po rezul'tatam GIS-obrabotki ajeromagnitnyh dannyh [Identification of the intrusive bodies of the Malka-Mushta ore cluster according to the results of GIS processing of aeromagnetic data]. *Izvestija vuzov. Severo-Kavkazskij region. Estestvennye nauki*. 2011. No.3. Pp. 77–80. (in Russian)