

УДК 550.8:552.3

DOI: 10.23671/VNC.2016.3.20833

СОСТАВ И СТРОЕНИЕ МАЛКИНСКОГО УЛЬТРАБАЗИТОВОГО МАССИВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПЕРЕИНТЕРПРЕТАЦИИ АЭРОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ (КАБАРДИНО-БАЛКАРСКАЯ РЕСПУБЛИКА)

© 2016 М.Ю. Маркин, к.г.-м.н., С.Г. Парада, д.г.-м.н., И.Ю. Шишкалов, к.г.-м.н.

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, Россия, 344006,
г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: parada@ssc-ras.ru

В статье приводится обоснование нового концептуального подхода к выявлению апопород серпентинитовых массивов и их картированию путем оцифровки результатов аналоговой аэромагнитной съемки и их переинтерпретации на основе ГИС-технологий. Проведена оцифровка и последующая компьютерная обработки данных аналоговой аэромагнитной съемки 1971 г. В результате выявлена и отображена на геологической карте первично магматическая неоднородность Малкинского серпентинитового массива. При заверке отдешифрованных контуров в полевых условиях и последующих петрографических исследований в составе массива выделены и откартированы аполерцолиты, апогарцбургиты, железистые апогарцбургиты и аподуниты. Установлено, что все разности апопород закономерно расположены в пространстве, образуя петрологическую зональность в соответствии с первично магматической расслоенностью.

Ключевые слова: оцифровка, аэромагнитная съемка, ГИС-технологии, серпентиниты, ультрабазиты, аполерцолиты, апогарцбургиты, аподуниты.

Введение

Малкинский серпентинитовый массив по данным В.Е. Хаина входит в состав Средиземноморского офиолитового пояса, состоящего из серии тектонических пластин – фрагментов тектонических покровов, сформированных в период проявления позднепалеозойской коллизии южной (в современных координатах) пассивной окраины Восточно-Европейской платформы и палеомикроконтинента Центрального Кавказа (современный горст-антиклинорий Главного хребта) [Хаин, 1984]. На западе по р. Уллу-Лахран и, частично, на юге в верховьях р. Гедмыш массив граничит с отложениями верхнего силура по тектоническому разлому. Однако, по результатам ГДП 200 установлены признаки интрузивного контакта ультрабазитов с верхнесилурийскими сланцами [Маркин, 2011]. По Н.С. Скрипченко и Н.И. Пруцкому Малкинский массив представляет собой субсогласное пластообразное интрузивное тело мощностью более 0,5 км. [Скрипченко, Пруцкий, 2002]. Массив трансгрессивно перекрыт среднеюрско – нижнемеловым карбонатно-терригенным комплексом Северо-Кавказской моноклинали. Породы массива разбиты многочисленными трещинами отдельности, тектоническими зонами дробления, брекчирования и развальцевания. С ультраосновными породами Малкинского массива связаны рудопроявления хрома, с процессами выветривания серпентинитов связаны киммерийские железные руды остаточного и осадочного происхождения.

На геологических картах различного масштаба Малкинский серпентинитовый массив изображен однородным телом. Вместе с тем, металлогенические, геофизические и геохимические данные указывают на его первичную неоднородность, что определяет перспективы обнаружения различных полезных ископаемых [Парада и др., 2011а, 2014, 2015]. В связи с этим нами предпринята попытка выявить и от-

картировать первичный состав (апосостав) ультрабазитов, слагающих Малкинский серпентинитовый массив.

Методика

Известно, что серпентинизация ультрабазитов сопровождается новообразованием ферромагнитных минералов, количество и вариации состава которых зависят от количества и состава первично магматических силикатов. Таким образом, визуально неразличимая разная степень серпентинизации будет отражаться различиями магнитных свойств внешне похожих эпипород. Это позволяет использовать результаты магнитных съемок для выявления неоднородностей в составе и строении серпентинитовых массивов и определения апопород [Маркин, 2011; Шишкалов, Холод, 2011; Емкужев и др., 2013].

Сохраняющиеся в различных фондохранилищах результаты магнитных съемок прошлого века обладают неоценимой информацией. Однако создание и хранение ее в аналоговом виде не позволяет проводить всестороннюю обработку и анализ этой информации с помощью компьютерных ГИС-технологий. Вместе с тем, современные прогнозно-поисковые технологии не мыслимы без цифровой обработки дистанционных данных [Матишов и др., 2010, 2011; Шишкалов, Холод, 2011; Парада и др., 2011б]. В связи с чем нами предпринята попытка оцифровки результатов аналоговой аэромагнитной съемки на примере территории, включающей самый крупный на Северном Кавказе Малкинский серпентинитовый массив.

Для этой территории имеются результаты аналоговой аэромагнитной съемки (масштаб 1:25000, точность 10 нТл), проведенной в 1971 г. В качестве конечного результата работ в фондохранилище размещены карта магнитного поля и карта графиков ΔT_a , выполненные в виде чертежей на листах ватмана. Для выявления неоднородностей в составе массива нами использована карта графиков ΔT_a .

Перевод аналоговых данных в цифровой формат позволяет проводить обработку первичных геофизических данных при помощи геоинформационных технологий, что дает возможность более точно установить местонахождение слепых и выходящих на дневную поверхность намагниченных объектов. Но наиболее ценным продуктом цифровой обработки является разделение общей информации на отдельные компоненты. Из цифровых данных можно выделить фоновые, площадные, локальные и остаточные аномалии, чего нельзя сделать с аналоговыми данными. Появляется возможность сопоставлять отдельные компоненты магнитного поля с различными особенностями строения территории и выделять структурно-вещественные неоднородности ультрабазитового массива. Методика выявления и регламент изучения вещественно-структурных неоднородностей вполне применимы к Малкинскому серпентинитовому массиву.

Решались две задачи, – получение числового массива, описывающего ΔT_a по исследуемой площади и выделение локальных аномалий поля ΔT_a , обусловленных геологическими объектами, выходящими на дневную поверхность, или же залегающими на небольших глубинах.

В программе Arc Gis 9.1, приложения Arc Map, карта графиков магнитного поля 1971 г. была привязана в проекции Gauss Kruger-a, Pulkovo 1942 (рис. 1а). Следующим этапом установлены значения начальных и конечных координат ($X_0, Y_0; X_k, Y_k$) аэромагнитных маршрутов, максимальные и минимальные значения ΔT_a , которые преобразованы в программе оцифровки графиков Graph²Digit (рис. 1б). Имеющие значения использованы для градуировки осей X и Y. Аэромагнитный маршрут не является прямой линией, следовательно использовался принцип линейности, выделялись прямые отрезки, и профиль разделялся на два и более интервалов. Устанавливались значения ΔT_a и значение X_i , в каждом линейном интервале кривой.

Значение ΔT_a подразумевает собой длину перпендикуляра опущенного с кривой на профиль.

Весь полученный массив данных был переведен в Microsoft Office Excel, где рассчитывались координаты точек Y_i . Расчет производился в несколько этапов. В первую очередь подсчитывалась разница между координатами X_i и X_0 . После был определен угол наклона аэромагнитного профиля относительно оси X. Для создания регулярной сети данных, график поворачивался до горизонтального по-

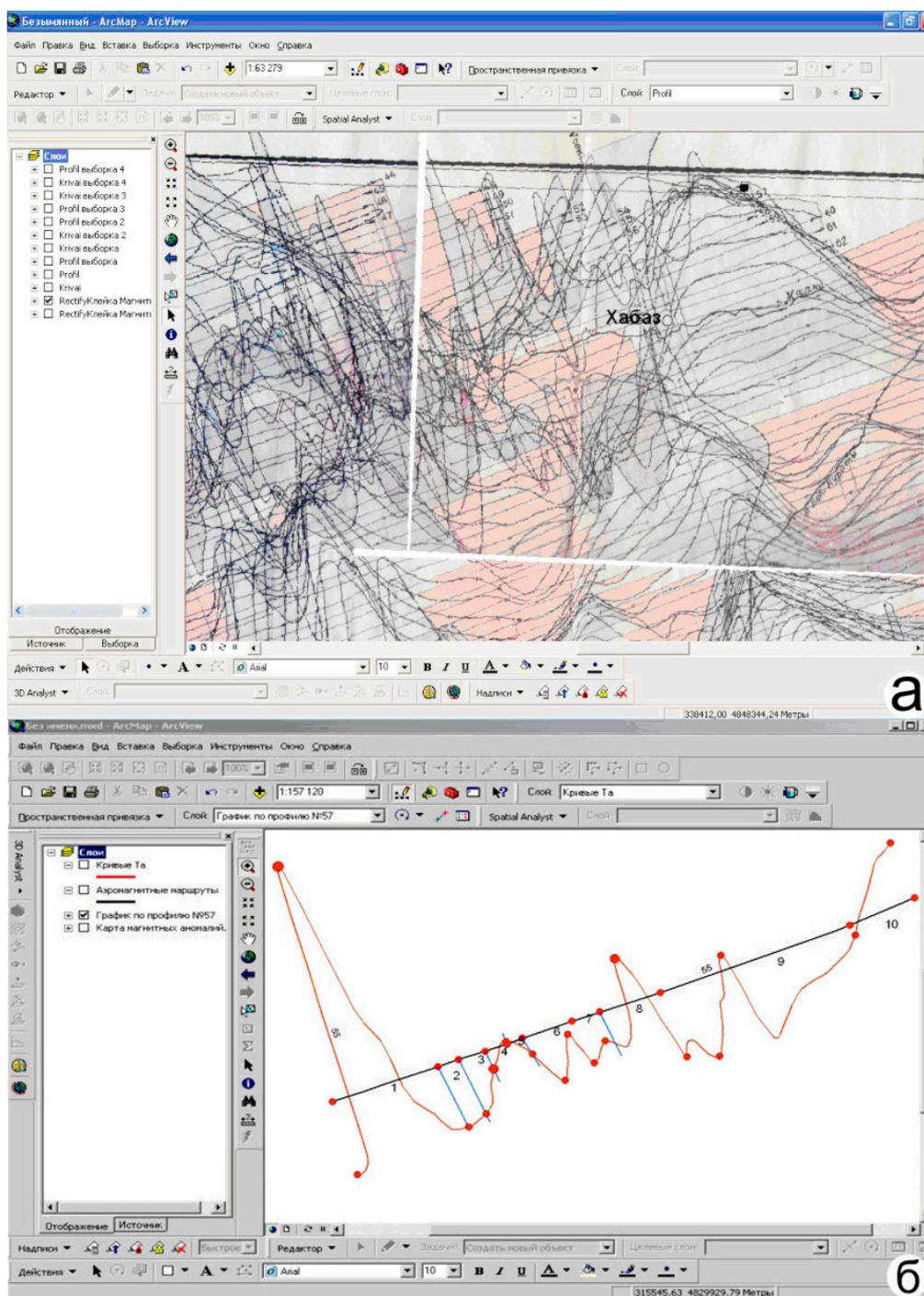


Рис. 1. Векторизация растрового материала: а – исходная карта графиков ΔT_a , помещенная в ArcMap ArcGis; б – пример графика со снятием исходных значений (точки на профиле – значение $X_0, Y_0; X_i, Y_i$; точки на кривой – значение t_{ax} и $t_{in} \Delta T_a$)

ложения на угол α . Далее вычислялся tg угла α , чтобы координаты по оси Y уже повернутого графика совпали с начальным положением профиля (рис. 2а). После находилась сумма $X_i - X_0$ и tg α . Таким образом, было определено значение Y_i , координата точки на исходном профиле. Весь массив данных X_i , Y_i и ΔT , полученный в Microsoft Office Excel (рис. 2б) был переведен в формат DBF IV, чтобы все полученные значения занести в Arc Map. Путем добавления массива данных X , Y получены точки непосредственно в пространственной привязке. В результа-

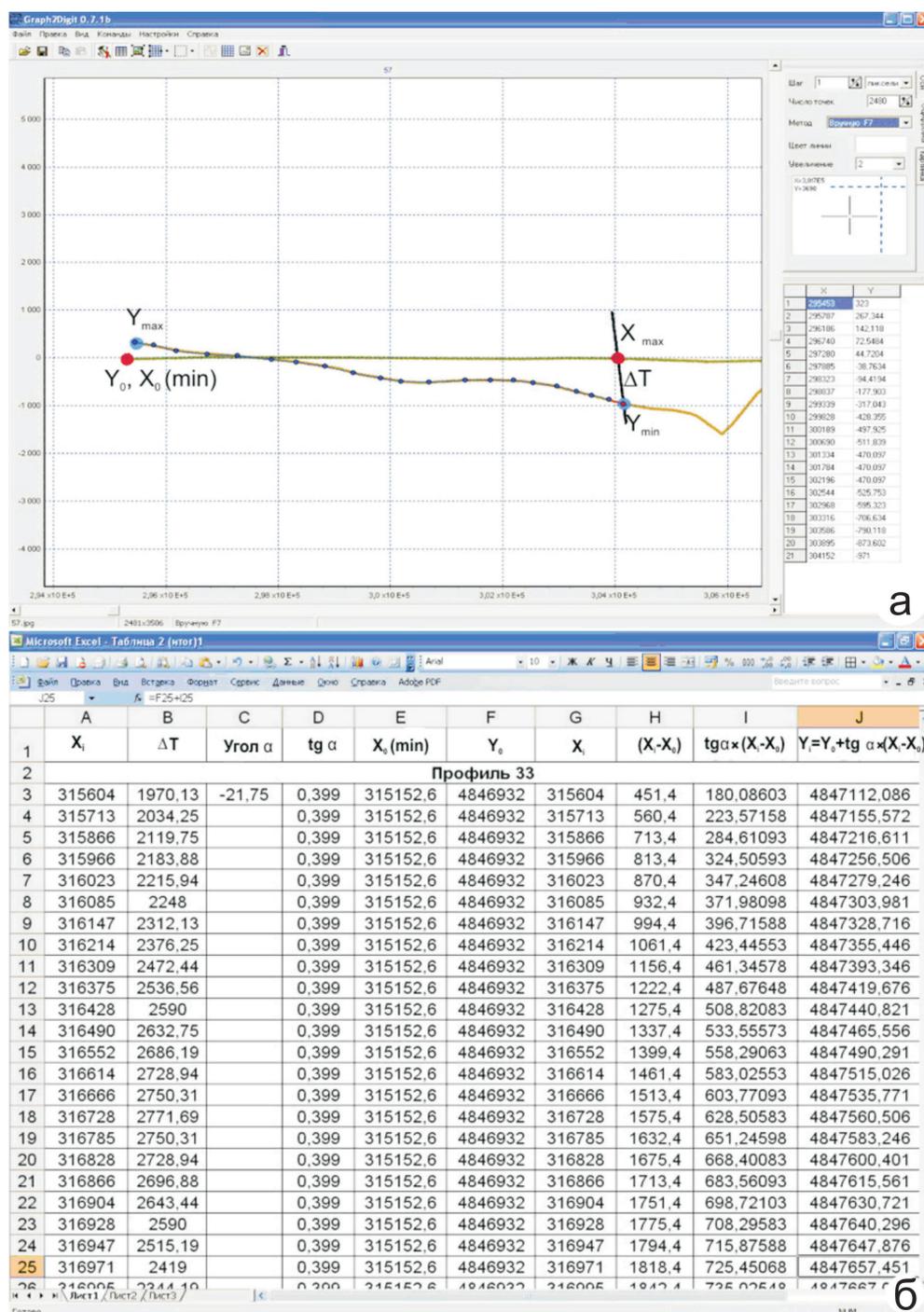


Рис. 2. Пример оцифровки графика в программе Graph²Digit с последующим формированием базы данных: а – определение ΔT в программе Graph²Digit, б – сводная атрибутивная таблица полученных значений

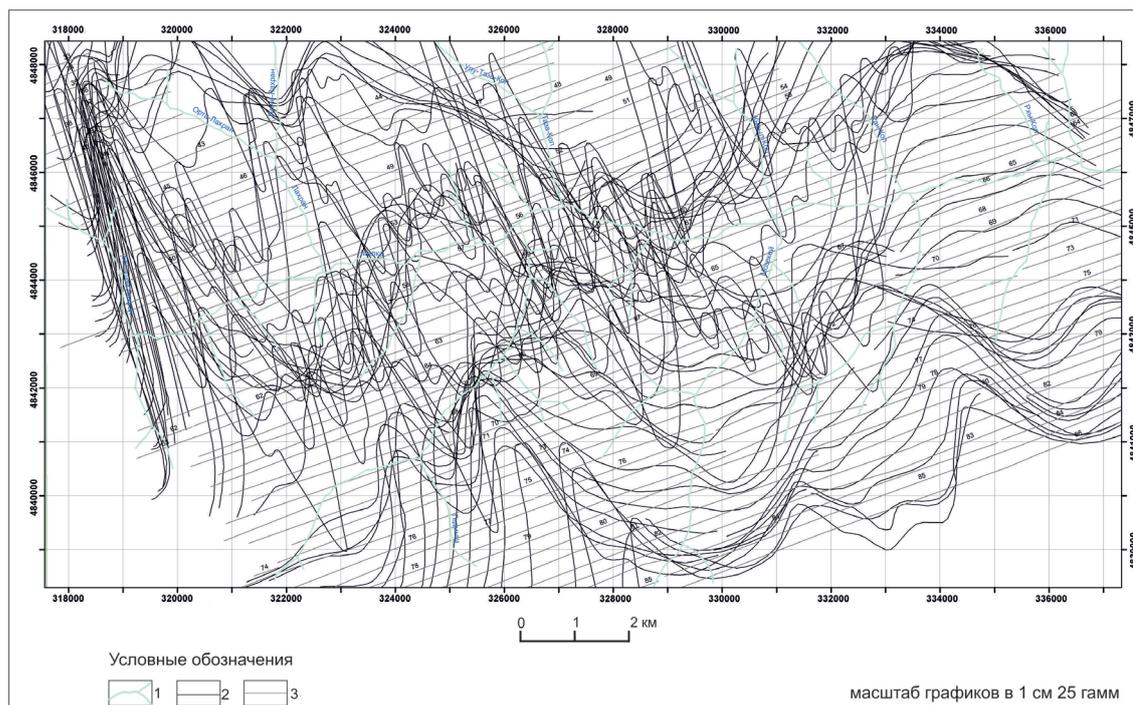


Рис. 3. Цифровая (векторизованная) карта графиков ΔT_a района Малкинского серпентинитового массива: 1 – реки; 2 – графики ΔT_a ; 3 – аэромаршруты и их номера

те проведенных процедур получена цифровая (векторизованная) карта графиков ΔT_a (рис. 3).

При помощи дополнительного модуля Arc Gis 9.1 Spatial Analyst на основе полученных пространственных данных создана поверхность методом крайгинга. Крайгинг используется для построения карт в изолиниях, но, в отличие от обычных алгоритмов оконтуривания, он имеет статистически оптимальные свойства. Наиболее важным является то, что этот метод обеспечивает измерение ошибки или неопределенности поверхности изображаемой изолиниями. Крайгинг использует информацию из полувариограммы для нахождения оптимального множества весов, для оценки поверхности в точках, отличных от точек опробования [Дэвис, 1990]. Поэтому такая технология позволяет не только получить расчетную поверхность, но также определить значение точности или достоверности расчета. Крайгинг создает вариограммы и ковариационные функции для оценки значений статистических зависимостей (называемых пространственной автокорреляцией), которые зависят от модели автокорреляции (модели согласования). Путем создания Grid, получена поверхность с изображением аномалий. Методом статистики по окрестностям высчитаны площадные (фоновые) значения аномалий. После того как найдены общие и фоновые значения аномалий, вычислена их разница при помощи калькулятора раstra.

Результаты и обсуждения

Полученная карта изолиний магнитного поля ΔT_a приведена на рис. 4. Остаточные аномалии магнитного поля, полученные после вычитания фона, еще включают в себя крупные по площади аномалии, но интенсивность и горизонтальные градиенты их как минимум на порядок ниже, чем у аномалий региональных объектов. Такие аномалии обусловлены глубинным строением данного участка земной коры.

Локальные аномалии магнитного поля представлены на рис. 5. Они получены путем вычитания из исходного параметра фоновых значений магнитного поля и

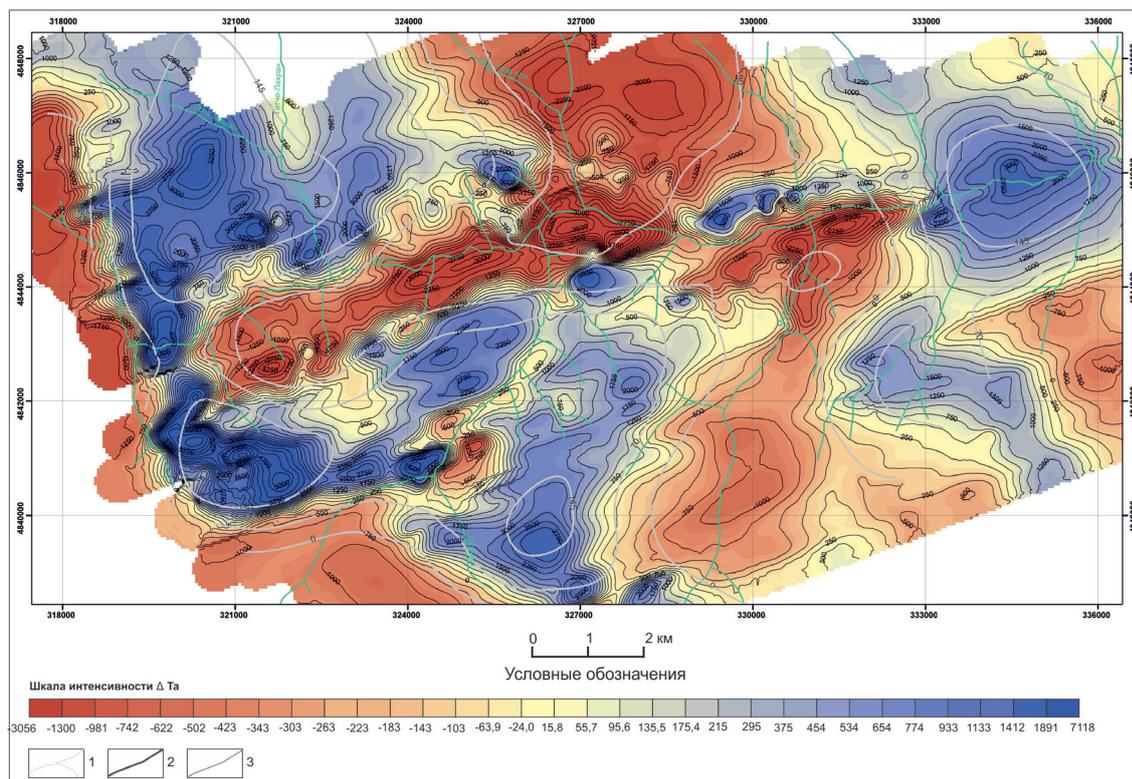


Рис. 4. Карта изолиний ΔT_a . 1 – речная сеть; 2 – изолинии исходных данных; 3 – изолинии регионального фона

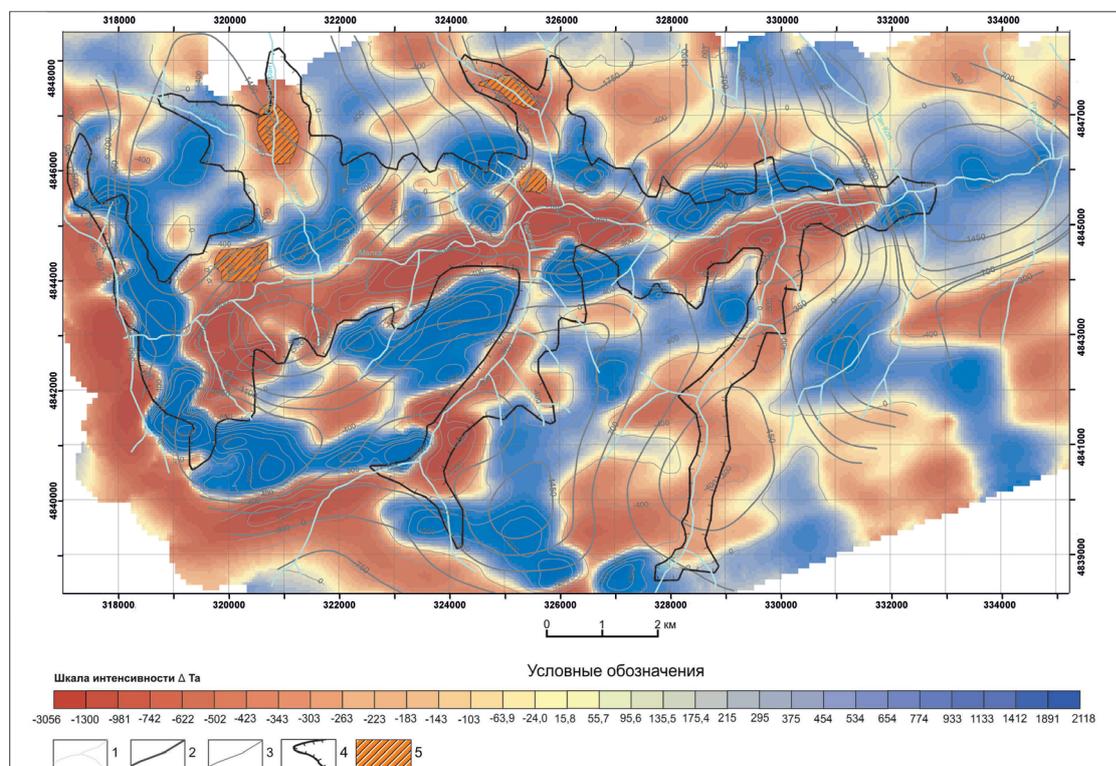


Рис. 5. Карта локальных аномалий и площадного фона ΔT_a . 1 – речная сеть; 2 – изолинии локального магнитного поля; 3 – изолинии площадного фона; 4 – контур Малкинского массива; 5 – контуры предполагаемых аподунитов.

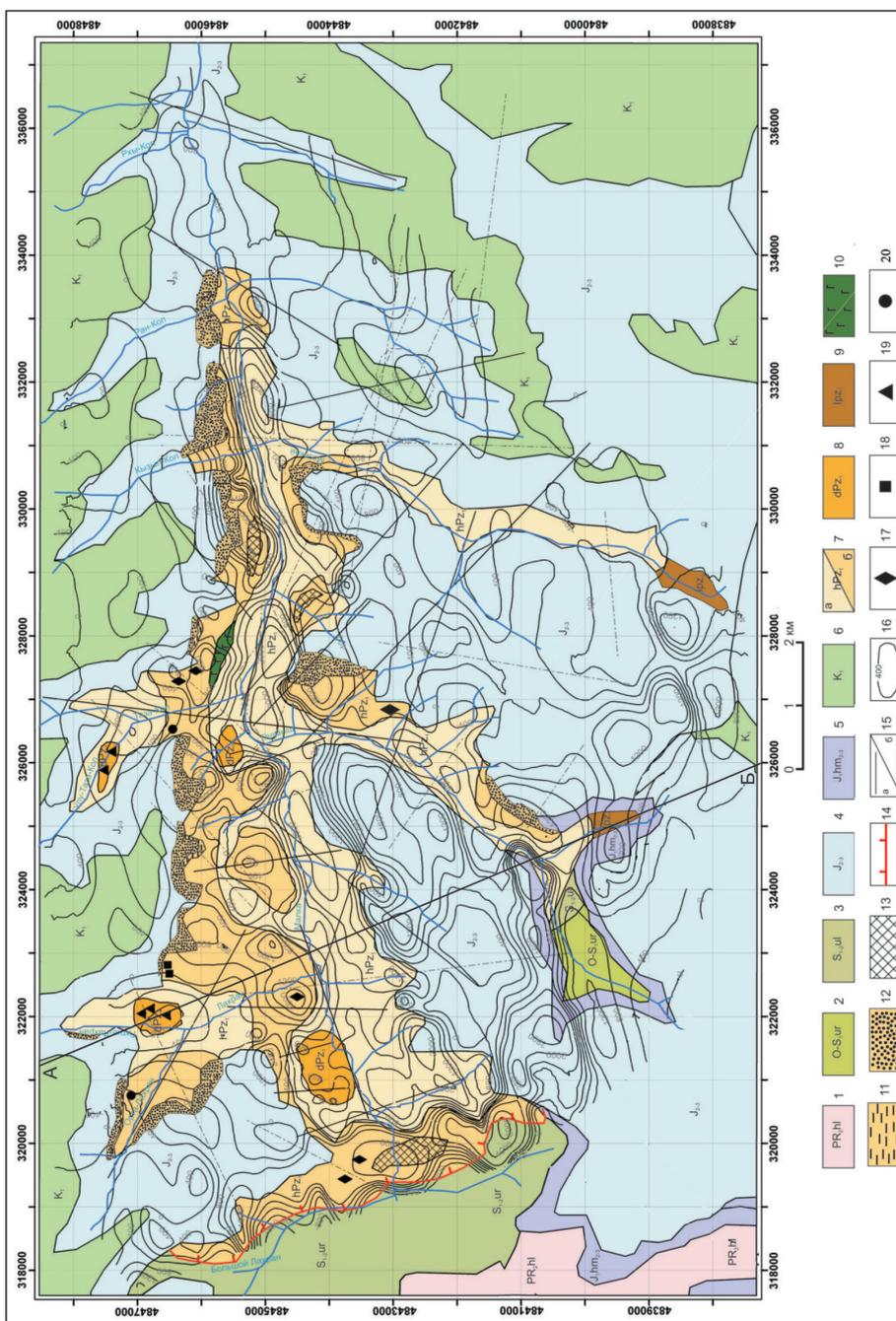


Рис. 6. Геологическая карта и разрез Малкинского ультрабазитового массива, составленные по результатам настоящего исследования, с данными по полезным ископаемым.

Условные обозначения: 1 – метаморфизованные вулканы, кварциты, филлиты халтухакольской свиты хасутской серии (PR₂M); 2 – песчаники, алевролиты урлейской свиты (O-Sur); 3 – филлитизированные глинистые и -алевритовые сланцы, песчаники, кварциты улаухранской свиты (S₁₋₂ul); 4 – песчано-глинистые отложения (J_{3,3}); 5 – песчаники с прослоями углей хумаринской свиты (J_{hm}); 6 – известняки, доломиты (K); 7 – алогарцбургиты (а – нормальные и б – железистые); 8 – аподуниты; 9 – перцолиты; 10 – габброиды; 11 – никель-кобальтовые руды; 12 – железные руды; 13 – алогарцбургиты с гидротермальным; 14 – надыг; 15 – разрытые нарушения (а – установленные, б – предполагаемые); 15 – изолинии локальных магнитных аномалий; 17 – асбест; 18 – медные и свинцово-цинковые руды; 19 – хромитовые руды; 20 – камнесамоцветное сырье

площадных аномалий и уже не содержат площадной составляющей. Различный знак локальных аномалий может быть обусловлен различной высотой съемки, так как некоторая часть максимумов приурочена к положительным формам рельефа, а минимумов – к распадкам и руслам рек. Поэтому был проведен статистический анализ с целью выявления возможной зависимости интенсивности аномалий от высоты съемки и сложности рельефа. Зависимость оказалось незначительной.

Выделенные по локальным магнитным аномалиям контуры предполагаемых апопород были заверены в полевых условиях, по коренным обнажениям и горным выработкам предшественников путем геологической документации и замеров магнитной восприимчивости пород прибором ПИМВ-2, отбором каменного материала и дальнейшими минералого-петрографическими исследованиями.

В результате составлена петрографическая карта Малкинского ультрабазитового массива (рис. 6). На ней отображено распределение четырех типов ультраосновных апопород, выделенных в результате настоящего исследования по характеру и интенсивности магнитного поля, полевым наблюдениям и петрографическим исследованиям, а также проявления различных полезных ископаемых.

Аполерцолиты выделяются по карте магнитных аномалий в полосе шириной 0,6 км и протяженностью около 4 км, характеризующейся знакопеременным магнитным полем с диапазоном значений от -400 до $+1200$ нТл. В ходе полевой заверки в местах этих магнитных аномалий обнаружены коренные выходы аполерцолитов. Они расположены в истоках р. Гедмыш и приурочены к границе отрицательного и положительного магнитного поля с разбросом значений от -100 до $+1200$ нТл. Для второго тела, расположенного в истоках руч. Мозекей характерны значения от -15 до -400 нТл. Оба выхода ограничены по площади, что связано с их позицией в русловых врезках рек.

Аполерцолиты представляют собой в значительной степени серпентинизированные породы. В коренных обнажениях они разбиты системой трещин отдельности, выполненных обычно голубовато-синим серпофитом грубо-волокнутого строения. Макроскопически аполерцолиты представляют собой массивные породы серовато-бурого цвета с зеленоватым оттенком, с пятнистой текстурой, иногда порфиридовидного сложения. На фоне тонкозернистой почти сливной основной массы выделяются блестящие кристаллы с совершенной спайностью размером от $0,3 \times 0,3$ до 5×1 мм. Равномерные порфировые выделения представлены ромбическим пироксеном и псевдоморфозами коричневатого-золотистого бастита по нему. Часто породу пересекают тончайшие ($0,2$ мм) беловатые жилки брусита, обычно расположенные параллельно друг другу, иногда пересекающиеся под различными углами. Состоит порода из оливина ($10-15\%$), ромбического пироксена ($10-15\%$), моноклинного пироксена ($3-6\%$), серпентина ($55-60\%$), хромшпинелида ($\sim 3\%$), магнетита ($\sim 2\%$). Более интенсивно изменен оливин с образованием петельчатой микротекстуры. По серпентину (хризотилу) развиваются просечки вторичного магнетита. Ромбический пироксен часто деформирован, трещинки спайности изогнуты с развитием по ним бастита.

Апогарцбургиты выделяются по характерным значениям отрицательного магнитного поля со средней интенсивностью около -400 нТл. Аномалии вытянуты в широтном направлении. Наибольшая интенсивность поля отмечается в центральной части массива и в наиболее крупных его притоках, т. е. с глубиной возрастает.

Апогарцбургиты имеют темно-серый цвет с зеленоватым оттенком, массивную, местами пятнистую текстуру, петельчатую или порфиробластовую структуру. Сложены в основном бастит-хризотиловыми разностями серпентина. В составе первичных минералов присутствуют оливин ($30-35\%$), ромбический и моноклинный пироксены ($15-20\%$), хромшпинелиды. Из вторичных минералов основное значение имеют серпентин, брусит, магнетит, карбонаты. Оливин является существен-

ной составной частью гарцбургита, вместе с возникающим за его счет серпентином. Всегда в оливине наблюдается густая сеть трещинок, по которым развивается серпентин (хризотил). Серпентин образует сложную сеть тонких переплетающихся жилок с петлями неправильной формы, формируя петельчатую микротекстуру. Центральные части петелек представлены незамещенным оливином.

Ромбический пироксен (энстатит) встречается в подчиненном количестве. Он присутствует в виде более крупных, чем оливин, зерен до 3,5–5 мм. По сравнению с оливином он более устойчив к серпентинизации, вследствие чего на фоне более мелких участков зерен оливина, разобренных трещинками, выполненных серпентином, крупные зерна ромбического пироксена создают впечатление порфировидной структуры. Не затронутые серпентинизацией зерна ромбического пироксена встречаются редко. По трещинкам спайности и по контурам он обычно замещается баститом. Пироксен ксеноморфен по отношению к оливину, а также часто деформирован. Местами по трещинкам в пироксене отмечается замещение мелкозернистым актинолитом с выделением магнетита. В шлифах отмечаются красно-коричневый хромшпинелид (пикотит), большая часть зерен которого замещена по краям черной каемкой магнетита. Для породы характерны более поздние наложенные прожилки магнетит-хлорит-бруситового состава мощностью до 0,1 мм с характерным попеременно шестовато-волокнустым строением

Железистые апогарцбургиты выделяются повышенными значениями положительного магнитного поля со значениями около +300 нТл. Отмечаются локальные аномалии в виде обширных пятен неправильной формы со значениями магнитного поля от +400 до +800 нТл. В северо-восточной части массива, судя по замкнутым в плане изолиниям площадного фона, на глубине находится тело, создающее поле с интенсивностью до +2118 нТл и размером (в плане) около 1,9 км. Аномалии площадного фона наблюдаются в междуречье руч. Гедмыш и Мозекей, размером около 1,5 км и интенсивностью +1600 нТл, руч. Большой Лахран и Орта-Лахран, размером около 2,8 км и интенсивностью +1700 – +1891 нТл. Эти аномалии вытянуты в северо-восточных румбах.

Железистые апогарцбургиты отличаются от обычных повышенным содержанием магнетита (до 10–15%) и наличием гидроокислов железа (до 1–2%). Оливин и пироксен нацело замещены серпентином. По реликтам спайности замещенного пироксена наблюдаются отдельные пластинки магнетита. Серпентинизация развивается также в виде последующих метельчатых оторочек вокруг баститовых псевдоморфоз, секущих прожилков и мелкозернистой массы по катаклазированным участкам. Очень часто развита сложно-петельчатая структура, обусловленная возникновением просечек более позднего брусита.

Процесс серпентинизации осуществлялся в две фазы. Первая – это общая серпентинизация породы. Вторая фаза характеризуется выделением магнетита, иногда в количестве очень обильном. Магнетитовые зерна равномерно рассеяны, иногда образуют неправильной формы скопления.

Аподуниты выявлены на северо-западе обнаженной части Малкинского массива в местах проявления локальных изометричных аномалий магнитного поля интенсивностью от –535 до –860 нТл, проявленных на фоне отрицательного магнитного поля, свойственного нормальным апогарцбургитам. По результатам полевых работ и петрографических исследований выделено четыре тела аподунитов изометричной и вытянутой в северо-западном направлении формы. Размеры дунитовых тел в плане от 0,5×0,5 до 1,2×0,8 км. Контакт аподунитовых пород с апогарцбургитами интрузивный. Вмещающие породы осветлены до светло-зеленого, светло-желтого, светло-бурого оттенков на расстоянии от 0,1 до 0,6 м с развитием тонких нитевидных прожилков магнетита и отдельных небольших (0,05 мм) зерен хромшпинелида.

Макроскопически аподуниты представляют собой породу темно-зеленого цвета с массивной текстурой. Отмечаются типичные для дунитов зеленовато-коричневая и белесая корочки выветривания и тарелкообразная отдельность. Под микроскопом порода обнаруживает аллотриоморфнозернистую с элементами прожилково-петельчатой структуру. Порода характеризуется практически полной серпентинизацией (90–95%). Характерно отсутствие бастита, – минерала, образующегося за счет ромбического пироксена. Содержание хромшпинелида достигает 5–10%, при фоновом содержании магнетита 1–2%. По прожилкам развивается преимущественно хризотил, который имеет различную окраску, – от бесцветной или слабо зеленоватой до различных оттенков буроватого цвета, обусловленной импрегнацией гидроокислов железа, вдоль волокон хризотила участками выделяется пылевидный магнетит. Ядерная часть отверстий петелек выполнена ритмично зональным антигоритом светло-зеленоватого до буроватого цветов. В них отмечаются редкие (до 1–2%) идиоморфные зерна хромшпинелида размером до 0,1 мм. Присутствуют извилистые не пигментированные гидроокислами железа наложенные на петельчатую микротекстуру серпентиновые прожилки более поздней генерации. Хромшпинелиды красновато-коричневого цвета, часто разбиты трещинками, по которым развит серпентин. В отдельных образцах наблюдается повышенное количество магнетита (3–5%), которые отмечаются в виде идиоморфных и неправильных зерен в центральных частях серпентинитовых петелек.

Выделенные разности ультраосновных апопород имеет определенную закономерность в своем относительном расположении.

Первое, что обращает внимание, это ограниченное распространение аполерцолитов. Всего два выхода аполерцолитов обнаружены только на самом крайнем юге распространения обнаженной части Малкинского массива по руч. Гедмыш и Мозекей. Оба выхода ограничены по площади, что связано с их позицией в русловых врезках рек. Судя по карте локальных магнитных аномалий, оба выхода соединяются между собой под мезозойскими отложениями, и продолжают немного далее на юг. Скорее всего, лерцолиты продолжают и на северо-запад в сторону р. Малки. Таким образом, следует ожидать, что видимые фрагменты лерцолитов объединяются и залегают по периферии массива, образуя дугообразное в плане тело, западная часть которого срезана надвигом.

Большая часть видимой области массива представлена апогарцбургитами. Они обнажаются в самых глубоких эрозионных врезках р. Малки и ее наиболее крупных притоков, формируя как бы центральную зону видимой части массива, хорошо отображающуюся на карте локальных магнитных аномалий. Однако вряд ли эти апогарцбургиты действительно характеризуют именно центральную часть массива, так как их распространение отмечается и в самой северной обнаженной его части. Похоже, что апогарцбургиты – это наиболее распространенные апопороды Малкинского массива, подстилаемые аполерцолитами в его первично расслоенном строении.

Железистые апогарцбургиты выделяются повышенными значениями интенсивности магнитного поля. Они отмечаются в виде обширных пятен неправильной формы, преимущественно по левобережью р. Малки, а также слагают самое крупное удлиненное тело в лежачем боку пограничного надвига на западной оконечности массива. Железистые апогарцбургиты отмечаются и на правом берегу р. Малки и даже в истоках р. Гедмыш на юге. Переход между нормальными и железистыми апогарцбургитами постепенный, происходящий на расстоянии до 100 и более метров. В целом, как видно при сопоставлении с картой локальных магнитных аномалий, пространственная позиция железистых апогарцбургитов в некоторой степени связана, прежде всего с их более высокой позицией в расслоенной структуре массива, а также с узлами пересечения разрывных нарушений различных направлений.

Именно эти узлы обеспечили более высокую проницаемость железистых гарцбургитов и их более высокую эпигенетическую переработку.

В прирусловой части р. Малки на востоке территории на ее обоих берегах в железистых апогарцбургитах развит гранат (гидрогроссуляр), обнаруживаемый при минералого-петрографических исследованиях. Иногда количество граната достигает нескольких процентов. Это приближает их к родингитам и может свидетельствовать о повышенном давлении при их формировании. Еще одно такое тело с гранатом закартировано на западе массива висячем боку надвига. Все тела гранатовых апогарцбургитов имеют удлиненную форму. В первом случае они вытянуты вдоль р. Малки, во втором случае – поперек реки вдоль сместителя пограничного надвига. Все это может свидетельствовать о приуроченности гранатовых гарцбургитов к зонам динамометаморфизма, связанным с разломами.

Аподуниты достаточно надежно выделяются по комплексу признаков при дистанционном изучении площади. Выходам аподунитов соответствуют локальные положительные магнитные аномалии и дуговые и кольцевые разломы малого радиуса. Все выделенные по этим признакам аподунитовые тела были подтверждены при наземных геологических исследованиях. Они залегают среди апогарцбургитов, обладают почти круглой и вытянутой в плане формой и крутыми границами по вертикали. Контакты аподунитов с вмещающими породами имеют интрузивный характер. Таким образом, можно говорить о штоках аподунитов. Если же учесть крайне малую площадь выходов, то эти тела можно называть трубками, что более принято в петрологии ультраосновных пород, и что подчеркивает их эксплозивный характер.

Выявлено четыре трубки аподунитов. Все они расположены на левом берегу р. Малки, – две из них у уреза воды, а две других – в истоках ее левых притоков (р. Кызыл-Кол и р. Гитче-Лахран). Установлено, что с ними пространственно связаны геохимические потоки элементов платиновой группы в пределах Малкинского массива [Маркин, 2011]. Границы таких тел с апогарцбургитами резкие, отчетливые. Можно говорить, что аподуниты занимают центральную зону видимой части массива. Однако масштабы этой центральной зоны оценить не представляется возможным, так как далее на север массив перекрыт юрско-меловыми отложениями Северо-Кавказской моноклинали.

В пределах Малкинского массива выявлены также более поздние тела габброидов, секущих ультраосновные породы. Тела габброидов имеют удлиненную форму. Наиболее крупное из них закартировано в приустьевой части р. Улу-Тазы-Кол. Оно приурочено к контакту нормальных и железистых апогарцбургитов.

Закономерное распределение апопород в пределах Малкинского массива, очевидно, отражает первичную магматическую расслоенность, которая связана с закономерностями магматической и кристаллизационной дифференциации [Парада и др., 2011a]. Одновременно с дифференциацией происходила закономерная концентрация некоторых полезных компонентов и их локализация в определенных зонах интрузива. Такие механизмы формирования пород и сопряженных с ними полезных ископаемых подтверждаются эмпирически приуроченностью определенных типов месторождений и рудопроявлений к определенным типам ультраосновных пород. Все это создает основу для минерагенического районирования Малкинского серпентинитового массива на основе петрографических различий ультраосновных апопород. Фактически карта петрографических разностей апопород является основой минерагенического районирования Малкинского серпентинитового массива.

Таким образом, картирование апопород по результатам оцифровки и переинтерпретации аэромагнитной съемки и петрографических исследований позволило установить первично магматическую расслоенность Малкинского ультрабазитового массива, в результате которой донная часть представлена аполерцолитами,

наиболее объемная промежуточная часть – апогарцбургитами, верхняя часть – железистыми апогарцбургитами. При этом, центральная часть расслоенного массива прорвана небольшими штоками дунитов.

Выводы

1. Основным итогом данной работы является обоснование нового концептуального подхода к выявлению апопород серпентинитовых массивов и их картированию путем оцифровки полученных ранее результатов аналоговой аэромагнитной съемки и их переинтерпретации на основе ГИС-технологий. Таким образом появляется возможность воспользоваться скопившимися за многие десятилетия геофизическими данными, которые безусловно, несут в себе важную первичную информацию.

2. В ходе оцифровки и последующей компьютерной обработки результатов аналоговой аэромагнитной съемки 1971 г. была выявлена и отображена на геологической карте первично магматическая неоднородность Малкинского серпентинитового массива. Удалось выделить и откартировать в его составе четыре разности ультраосновных апопород, которые при заверке отдешифрованных контуров в полевых условиях и по результатам последующих петрографических исследований оказались аполерцолитами, апогарцбургитами, железистыми апогарцбургитами и аподунитами.

3. Установлено, что выявленные разности апопород закономерно расположены в пространстве, образуя петрологическую зональность в соответствии с первично магматической расслоенностью.

Литература

1. Дэвис Дж. Статистический анализ данных в геологии. Т. 2. – М.: Наука, 1990. – 427 с.
2. 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.
3. Маркин М.Ю. Предпосылки и признаки платиноносности Малкинского гипербазитового массива // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2011. – № 3. – С. 74–77.
4. Матишов Г.Г., Парада С.Г., Давыденко Д.Б. Выбор рудоперспективных площадей по результатам дистанционной флюидоиндексации как фактор рационального недропользования в условиях горных территорий // Устойчивое развитие горных территорий. – 2010. – № 3 (5). – С. 57–62.
5. Матишов Г.Г., Парада С.Г., Давыденко Д.Б. Технологии прогнозирования залежей углеводородов и минеральных месторождений будущей России (на примере южного региона) // Геология и геофизика Юга России. – 2011. – № 1. – С. 20–31.
6. 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.
7. 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.

8. Парада С.Г., Маркин М.Ю., Холод Ю.В., Шишкалов И.Ю. Минерагенические аспекты геохимических исследований Малкинского рудного района // Вестник Южного научного центра РАН. – 2011а. – Т.7, №1. – С. 47–58.

9. Парада С.Г., Зеленщиков Г.В., Давыденко Д.Б.. Опыт применения дистанционной флюидоиндексации для поиска руд благородных металлов и их спутников на юге России // Руды и металлы. – 2011б. – №3–4. – С. 134–136.

10. Скрипченко Н.С., Пруцкий Н.И. Генезис окраинных бассейнов с активной терригенной седиментацией (на примере активных бассейнов кавказской группы). – Новочеркасск: Южно-Российский государственный технический университет, 2002. – 175 с.

11. Хаин В.Е. Офиолиты и герцинская покровная структура Передового хребта Северного Кавказа. – М.: Наука, 1984. – 94 с.

12. 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.2016.3.20833

THE COMPOSITION AND STRUCTURE OF MALKIN ULTRABASITE ARRAY ACCORDING TO THE RESULTS OF RE- INTERPRETATION OF AEROMAGNETIC DATA (KABARDINO- BALKAR REPUBLIC)

© 2016 Y.M. Markin, Sc. Candidate (Geol.-Mineral), S.G. Parada, Sc. Doctor.
(Geol.-Mineral.), I.Y. Shikalov, Sc. Candidate (Geol.-Mineral.)

Institute of arid zones Southern Scientific Center Russian Academy of Sciences,
Russia, 344006, Rostov-on-Don, Chekhov St., 41, e-mail: parada@ssc-ras.ru

The article provides a rationale for a new conceptual approach to identifying Rapoport serpentinite massifs and their mapping by digitizing the analog of the results of aeromagnetic images and their re-interpretation on the basis of GIS-technologies. Performed digitizing and subsequent computer processing of the results of analog aeromagnetic images of 1971 as a result we identified and mapped on the geological map of the primary magmatic heterogeneity Malka serpentinite massif. With certification otesyvani contours in the field and subsequent petrographic studies in the structure of the array allocated and otкалиbrovani apoliticality, aposertraline, glandular of aposertraline and opotunity. Found that all the difference Rapoport regularly arranged in space, forming a petrological zonation in accordance with primary magmatic stratification.

Key words: digitization, aeromagnetic survey, GIS-technologies, serpentinites, ultrabasites, apoliticality, aposertraline, opotunity.