

5. Кулешевич Л.В., Голубев А.И., Лавров О.Б. Палеопротерозойские золотосодержащие месторождения и проявления меди Карелии. Тезисы доклада. Сыктывкар. 2009.
6. Голубев А.И., Светов А.П. Геохимия базальтов платформенного вулканизма Карелии. П-ск. 1983. 192 с.
7. Кулешевич Л.В. Альбититы в протерозойских образованиях Карелии и их золотоносность // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск. №3. 2001. С. 33–39.
8. Леденева Н.В., Пакульнис Г.В. Минералогия и условия образования уран-ванадиевых месторождений Онежской впадины (Россия) // Геология рудных месторождений. 1997. Т. 39. № 3. С. 258–268.
9. Полеховский Ю.С., Волошин А.В., Тарасова И. П., Пахомовский Я.А., Крецер Ю.Л. Новый тип палладийсодержащей минерализации в метасоматитах Карелии // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1991. № 7. С.86-95.
10. Вольфсон А.А., Русинов В.Л., Крылова Т.Л., Чугаев А.В. Метасоматические преобразования докембрийских метабазитов Салла-Куоляярвинского грабена в районе золоторудного поля Майское, северная Карелия // Петрология. 2005. Т. 13. № 2. С. 179–206.
11. Сафонов Ю.Г., Волков А.В., Вольфсон А.А., Генкин А.Д., Крылова Т.Л., Чугаев А.В. Золото-кварцевое месторождение Майское (Северная Карелия): геологические и минералого-геохимические особенности, вопросы генезиса // Геология рудн. месторождений. 2003. Т.45. №5. С. 429–451.
12. Порицкий М.С., Буйко А.К., Котов Н.В., Порицкая Л.Г. Геологическая позиция и условия формирования золоторудных метасоматитов месторождения «Майское» (Северная Карелия) // Вестник СПбГУ. Сер. 7, 1993. Вып 1. № 7. С. 15–21.

Геофизические свидетельства проявлений докембрийского магматизма на Севере Русской плиты

Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б.

Институт экологических проблем Севера УрО РАН, г. Архангельск, e-mail: dgsdl@yandex.ru

Процессы тектоно-магматических активизаций (ТМА), проявившиеся в постконсолидационную стадию развития земной коры, играли значительную роль в образовании эндогенных месторождений на севере Русской плиты. Площади распространения этих процессов значительно меньше, чем более древних, и они локализованы в линейных протяженных структурах вдоль мобильных проницаемых зон, обычно рифейских грабенов [2]. С металлогенией областей ТМА связано расширение минерально-сырьевой базы различных ископаемых и установление закономерностей распространения этих областей имеет большое значение. В отличие от других платформ на Русской плите магматические породы не обнажаются в современном эрозионном срезе, они погребены под более молодыми осадками и вскрыты преимущественно буровыми скважинами. Поэтому основное значение играют геофизические методы, в первую очередь грави- и магниторазведка.

Север Русской плиты, к которому относится исследуемый регион, по своему географическому положению является уникальной окраинно-материковой геоструктурой. Современные границы ее находятся у бортов зоны, переходной от континента к океану в полосе шельфа Белого, Баренцева и Северного морей [1]. Окраинно-материковое положение определяет регион как область максимальных напряжений геодинамических движений литосферы. Длительная история развития блоковых структур, воздействие разнородных геодинамических напряжений в области материкового склона Баренцева и Белого морей (образование Северного Ледовитого океана), в контакте с Балтийским щитом (область с устойчивой тенденцией к поднятию, начиная с позднего архея), смена геодинамических обстановок в районе Урала, сформировали сложное разломно-блоковое строение региона.

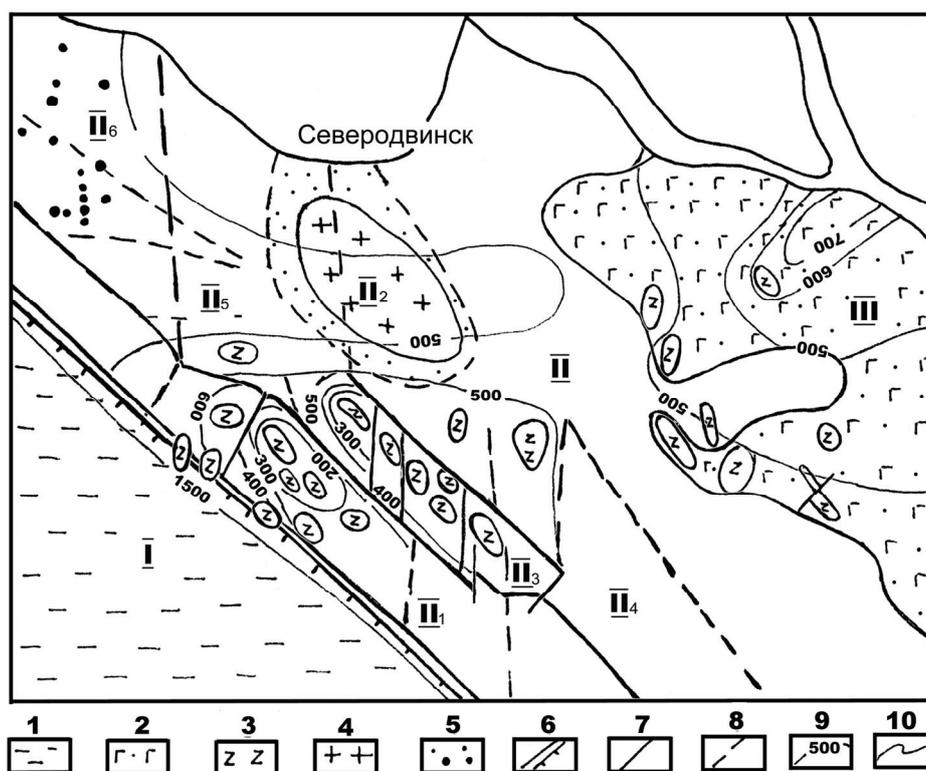
В основе выводов о структуре земной коры региона лежит комплексная интерпретация геолого-геофизических данных. Исходным и основным материалом при изучении распределения неоднородностей в литосфере пока являются сейсмические разрезы и сопоставление данных с Балтийским щитом.

Вся исследованная территория обеспечена среднemasштабными гравиметрической и магнитной съемками, проведенными подразделениями СЗГТ в шестидесятые годы. В результате гравиметрических работ масштаба 1:200000 построены карты силы тяжести в редукции Буге с плотностью промежуточного слоя 2.3 г/см^3 . Результативные карты составлены с сечением $2 \times 10^{-5} \text{ м/с}^2$. Специализи-

зированной гравиметрической партией № 9 СЗПГО на всю территорию Архангельской области на основе съемки м-ба 1:200000 была построена сводная гравиметрическая карта масштаба 1:500000 с сечением изоаномал $2 \times 10^{-5} \text{ м/с}^2$. В результате аэромагниторазведочных работ построена карта аномального магнитного поля м-ба 1:200000 с сечением изодинам 1 мЭ. Материалы грави- магнитных съемок подвергались математической обработке, в результате которой получен пакет трансформант потенциальных полей с различными радиусами осреднения. Таким образом, на всю площадь исследований имеются кондиционные среднемасштабные карты потенциальных полей.

По результатам гравиметрических работ м-ба 1:50000 и магниторазведочных работ м-ба 1:25000 был исследован район на севере Онего-Двинского междуречья.

Региональное поле силы тяжести имеет ярко выраженное зональное строение и по характеру и интенсивности аномалий разделяется на юго-западную область гравитационной ступени, Солзенскую область относительно пониженных значений поля силы тяжести с локальными максимумами и минимумами (включая региональный Кудемский минимум) и Восточную область относительно пониженного гравитационного поля (рис. 1).



Структурно-тектоническая ситуация поля расположения магматических тел Ненокского комплекса [3].
 Основные структуры фундамента: I – Онежский грабен; II – Солзенская ступень; III – Синегорский блок;
 II2 – Кудемская интрузия; II3 – Пихкальский блок; II4 – Белоозерский блок; II5 – Сальский блок;
 II6 – Ненокский блок; III – Архангельский мегавал

1 – осадочные отложения ненокской и солозерской свит рифея; 2 – вулканогенно-осадочный комплекс; 3 – интрузивные породы основного состава; 4 – гранитоиды; 5 – контактовые изменения пород; 6 – борт Онежского грабена; разломы: 7 – хорошо выраженные в потенциальных полях; 8 – слабо выраженные; 9 – изопахиты осадочного чехла; 10 – геологические границы.

Региональное магнитное поле в основном соответствует гравитационному и подразделяется на три фоновых площади с учетом структурно-тектонических особенностей строения кристаллического фундамента.

Гравимагнитные поля каждой из выделяемых областей дифференцированы и осложнены локальными аномалиями разных знаков, что свидетельствует о наличии более мелких блоков фундамента и изменениях его вещественного состава. В юго-западной части выделяется восточный

борт Онежского грабена (I), картирующийся гравитационной ступенью с амплитудой $26 \times 10^{-5} \text{ м/с}^2$ и плавным понижением значений магнитного поля в юго-западном направлении с градиентом до 100 нТл на 1 км. Структура образована тектоническими нарушениями сбросового типа северо-западного простирания. Прямолинейность разлома позволяет предположить крутое падение плоскости нарушения. Повышенные значения магнитного поля и затем их плавное понижение говорят о присутствии среди гравелито-песчаниковых отложений (магнитная восприимчивость $4\text{--}8 \times 10^{-5}$ ед. СИ), заполняющих грабен магнитоактивных пород, скорее всего базальтов и долеритов солозерской свиты рифея [5] (магнитная восприимчивость – $1500\text{--}3500 \times 10^{-5}$ ед. СИ)

С востока к грабену примыкает Синегорский блок (II) (расчетные глубины кровли фундамента по данным магниторазведки – 200–400 м) северо-западного простирания, картируемый в гравитационном поле максимальными значениями силы тяжести с амплитудой $8 \times 10^{-5} \text{ м/с}^2$, в магнитном – полосой повышенных значений ΔT интенсивностью 300–500 нТл, осложненной субизометричными аномалиями от 1 до 2–3 км в поперечнике и интенсивностью 700–900 нТл. С северо-востока структура ограничена нарушениями сбросового типа с амплитудой до 200 м. Характер магнитных аномалий позволяет предположить, что в строении блока участвуют массивы основных интрузивных пород (магнитная восприимчивость – 5000×10^{-5} ед. СИ, плотность – $2,9\text{--}3,15 \times 10^{-5} \text{ кг/м}^3$). Пространственная ориентировка свидетельствует об их развитии по кольцевым разломам или о наличии расслоенного массива. Мощный гравитационный и магнитный максимум обусловлены не только о малой глубинности залегания интрузива, но и отличным от беломорид архея литологическим составом, магнитная восприимчивость и плотность которых составляют соответственно 90×10^{-5} ед. СИ и $2,70 \times 10^{-3} \text{ кг/м}^3$. Скважины в этом районе отсутствуют, поэтому однозначно интерпретировать геофизические данные нельзя, но можно предположить по расчетным параметрам, что породы, слагающие блок, относятся к интрузивным образованиям основного состава (дифференцированный массив).

Центральную часть площади занимает Солзенская ступень (II), протягивающаяся с северо-запада на юго-восток. В гравитационном поле ей соответствует область относительно пониженных значений поля силы тяжести с локальными экстремумами, в магнитном поле – спокойная область пониженных значений ΔT с аномальными положительными зонами на северо-западе и юго-востоке, обусловленными блоковым строением фундамента. Анализ глубин залегания верхней кромки возмущающих объектов позволяет сделать вывод о ступенчатом погружении фундамента в восточном направлении. Фундамент сложен, скорее всего, беломоридами архея. В центре ступени картируется крупный массив гранитоидов. В гравитационном поле он выделяется глубоким минимумом с амплитудой $15 \times 10^{-5} \text{ м/с}^2$, а в магнитном – спокойным отрицательным полем, значения которого уменьшаются от периферии к центру. Падение массива юго-восточное, вертикальная мощность тела (расчетная) около 5–6 км. Не исключено, что гранитоиды представлены гранитами-рапакиви, обладающими низкой плотностью и магнитной восприимчивостью. По периферии развиты локальные положительные аномалии (размеры в плане от 0,4х0,9 до 1х2 км) интенсивностью 20–40 нТл, связанные вероятно с контактовыми изменениями вмещающих пород. Кудемская гранитоидная интрузия (II2) делит Солзенскую ступень на северную и южную части. Сходство гравимагнитных полей этих структур, по-видимому, обусловлено их близким геологическим строением. В пределах ступени выделяется 4 блока фундамента: Ненокский (II6), Пихкальский (II3), Сальский (II5) и Белоозерский (II4) (рис. 1).

Пихкальский (II3) и Сальский (II5) блоки, примыкающие с востока и севера к Синегорскому блоку (II1) имеют идентичные характеристики в гравимагнитных полях (максимумы силы тяжести с амплитудой $4 \times 10^{-5} \text{ м/с}^2$ и положительное магнитное поле интенсивностью 10–60 нТл) отличаются лишь простиранием: северо-западное у Пихкальского и субширотное у Сальского. Границы блоков тектонические, сбросового типа. Вероятно эти блоки фундамента, сложенные породами беломорского комплекса, опущены относительно Синегорского блока. На фоне положительного магнитного поля Пихкальского блока присутствуют локальные магнитные аномалии слабо вытянутой и изометричной формы интенсивностью 100–210 нТл, что позволяет детализировать строение блока, выделить интрузии основного-среднего состава и тектонические нарушения субмеридионального простирания.

Ненокский и Белоозерский блоки также сходны между собой (гравитационный минимум амплитудой $4-5 \times 10^{-5} \text{ м/с}^2$, отрицательное магнитное поле 100-220 нТл) и представлены еще более опущенными блоками беломорид, по-видимому, в значительной мере гранитизированными. Региональные магнитные аномалии в них практически отсутствуют, что указывает на их относительную однородность.

Восточный район (III) примыкает с северо-востока к Солзенской ступени. В гравитационном поле ему соответствует повышенных слабо дифференцированных значений поля силы тяжести. В магнитном поле данный район отличается чередованием положительных и отрицательных аномалий различной формы и интенсивности. При общем северо-западном направлении простираний изолиний магнитного поля отдельные аномалии имеют другую ориентировку длинных осей. В основном развиты магнитные аномалии линейной и изометричной форм, причем последние часто располагаются в цепочки, образуя региональные аномалии линейной формы от $0,3 \times 0,5$ до $5,0 \times 8,0$ км с максимальной интенсивностью 500-800 нТл. Отрицательное магнитное поле имеет подчиненное распространение. Анализ глубин залегания верхней кромки возмущающих объектов показывает их плавное погружение в северо-восточном направлении от 500 до 700 м. Признаков региональных тектонических нарушений не наблюдается. Анализ гравимагнитных материалов позволил определить на глубине 500-700 м толщу пород плотность $2,4-2,5 \times 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ с магнитной восприимчивостью $1500-3500 \times 10^{-5} \text{ ед. СИ}$, представленных скорее всего комплексом вулканогенно-осадочных пород мощность 200-300 м. Плавное уменьшение значений поля силы тяжести в северо-восточном направлении указывает на погружение фундамента до глубины около 1 км.

По геофизическим данным, площади свойственны многочисленные тела, сложенные породами основного состава. Выявлено 144 локальных магнитных аномалии, среди которых по структурному положению и геофизическим характеристикам выделено четыре основных типа. Первый – аномалии, обусловленные, вероятно, наличием в кристаллическом фундаменте массивов основных пород, четко выраженных в картах наблюденного магнитного поля и его региональных составляющих (от 1×3 до 5×8 км, интенсивностью 600-900 нТл, глубина залегания верхней кромки 300-700 м). Второй – аномалии, обусловленные телами в верхнепротерозойско-палеозойском осадочном чехле (от $0,5 \times 0,8$ до 2×3 км, интенсивность до 300 нТл, глубина залегания – 100-300 м). Выделяются три группы: а) знакопеременные аномалии вытянутой формы (2×3 км, интенсивность до 100 нТл, глубина – 200-250 м), их предполагаемая геологическая природа – эффузивные тела основного состава, приуроченным к границам региональных структур; б) локальные изометричные аномалии (от $0,8 \times 0,9$ до $1,1 \times 1,8$ км, интенсивность 60-140 нТл, глубина залегания 260-350 м), расположенные в основном в Восточном районе. Природа их интерпретируется неоднозначно – это или эффузивные тела с мощными подводящими каналами, или остатки вендских вулканических аппаратов, на что указывают туфогенные прослои в устьепинежской свите [4]; в) локальные аномалии с одним или несколькими максимумами (от $0,7 \times 0,8$ до $1,5 \times 2,0$ км, интенсивностью до 40 нТл, глубина залегания – 100-190 м), предположительно обусловленные линзами пород с повышенной магнитной восприимчивостью в верхней части осадочного чехла.

Третий тип – аномалии четко выраженные в локальном магнитном поле с несколькими максимума и минимумами интенсивностью от 13 до 40, реже 60-70 нТл, размерами 70×150 – 300×350 м. Глубина залегания верхней кромки объектов 3-50 м нижней – 10-185 м. Аномалообразующие объекты – линзы пород с повышенным содержанием магнитных минералов в четвертичных отложениях.

Четвертый тип связан с трубками взрыва и детально был рассмотрен нами в работе [3].

Таким образом, исследуемый район по геофизическим данным характеризуется наличием докембрийских интрузивных тел, с которыми могут быть связаны проявления полезных ископаемых: меди и никеля (дифференцированный массив Синегорского блока), протерозойские кимберлитовые тела (второй тип, вторая группа).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 08-05-99816_p_север_a.

Литература

1. Билибина Т.В. Блоковая тектоника и геодинамика земной коры северо-запада Русской платформы и принципы прогнозирования рудоносных структур // Блоковая тектоника и перспективы рудоносности Русской платформы. Л.: ВСЕГЕИ, 1986. С. 22-29.
2. Добрынина М.И. Отражение характера тектоно-магматических активизаций в физических полях восточной части Балтийского щита и севера Русской плиты // Геология и полезные ископаемые севера Русской платформы. М.: Мингео РСФСР. 1987. С. 37-47.
3. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Иерархический ряд проявлений щелочно-ультраосновного магматизма Архангельской алмазоносной провинции. Их отражение в геолого-геофизических материалах. Архангельск: ОАО «ИПП «Правда Севера», 2004. 283 с.
4. Станковский А.Ф., Веричев Е.М., Гриб В.П. и др. Венд юго-восточного Беломорья // Изв. АН СССР. Сер геол., 1981. № 2. С. 78-87.
5. Станковский А.Ф., Сеницын А.В., Шинкарев Н.Ф. Погребенные траппы Онежского полуострова // Вест. ЛГУ, 1972. № 18. С. 39-52.

Минералогия руд и околорудных метасоматитов месторождения Воронов Бор, Карелия

Лавров О.Б., Кулешевич Л.В.

Учреждение Российской академии наук Институт геологии КАР НЦ РАН, г. Петрозаводск,
e-mail: petrlavrov@list.ru; kuleshev@krc.karelia.ru

Месторождение медных руд Воронов Бор было открыто в 1771 году и разрабатывалось около 8 лет, затем после перерыва с конца XIX века по 1913 год. Часть руд была вывезена, часть складирована в штабеля, со временем разрушенные. На этом небольшом сульфидном медном месторождении, отнесенном впоследствии к формации медистых песчаников, было добыто 960 тыс. пудов медной руды. Оруденение представлено халькопиритовым, борнит-халькозиновым и промежуточным халькопирит-борнит-халькозиновым минеральными типами. Данные о золоте и серебре в медных рудах этого месторождения встречаются в исторических сведениях и работах П.А. Борисова 1910 года. Доизучение месторождения и опробование на золото проводилось в разные годы геологами различных организаций - Карельской ГЭ и ИГ КарНЦ РАН (А.М. Тарасенковым, Ю.Б. Головановым, В.В. Сиваевым, А.И. Голубевым, авторами статьи и другими исследователями). Месторождение содержит в среднем 1.3 % Cu (макс. до 6 %), ресурсы меди категории P₂ составляют 170 тыс. т, забалансовые запасы – 11 тыс. т [1]. Руды содержат Au от 0.1 до 3.7 г/т, Ag – 10–125 (до 990 г/т в богатых рудах [1]), Mo 0.008–0.04 %, W до 0.013 %, Se – 70-100 г/т, Pd – 0.053–0.079 % (данные авторов). По историческим сведениям концентрация Au достигала 78 г/т.

Месторождение расположено в Медвежьегорском районе (центральная Карелия), в западном крыле Пергубской синклинали (северное обрамление Онежской структуры, переходящей в Кумсинскую). Вмещающие ятулийские толщи - песчаники и гравелиты медвежьегорской свиты (PR1jt2) и metabазальты янгозерской свиты (PR1jt1) образуют небольшую синклиналиную структуру, полого смяты и метаморфизованы в условиях низкотемпературной зеленосланцевой фации. Оруденение приурочено к участку локально-проявленной деформации в породах ятулийского надгоризонта: полого падающие на восток породы (18-20°) осложнены складкой, сопровождающей формирование СЗ сдвиговой зоны, являющейся продолжением Святухинско-Космозерской зоны СРД, выделенной в Онежской структуре по работам «Невскгеология» и прослеживаемой на СЗ.

Рудное тело по данным бурения, проведенного КГЭ, имеет форму линзы длиной 300 м, мощностью 3-12 м, прослеженной на 120–150 м. Руды вкрапленно-, и гнездово-прожилковые с содержанием сульфидов 5-40 %. Прожилки чаще субвертикальные, короткие, гнезда имеют вид «порфировых» выделений. На южном фланге месторождения вмещающие толщи секутся более поздними карцевыми жилами СЗ и СВ простираения, содержащими золото (по данным КарГЭ). Их мощность 0.05-0.8 м, протяженность до 20 м.