

Наращивание прогнозных ресурсов является одним из необходимых условий воспроизводства минерально-сырьевой базы урана в нашей стране. С учетом растущих потребностей в ядерном сырье до 2030 г. планируется получить прирост ресурсов категорий $P_1 + P_2$ около 400 тыс. т, категории P_3 порядка 800 тыс. т. Такой прирост необходим, поскольку по расчетам к 2030 г. только на объектах трех основных рудных районов — Стрельцовского, Витимского и Зауральского, будет погашено более 90 тыс. т запасов урана категории C_1 . Планируемый прирост прогнозных ресурсов высоких категорий должен обеспечить воспроизводство погашаемых запасов с определенным заделом на будущее.

В заключение следует отметить, что охарактеризованные прогнозные ресурсы урана России (P_3 , P_2 , P_1) в количественном и качественном отношении не в полной мере обеспечивают надежную основу для долгосрочного эффективного развития поисковых и разведочных работ. В связи с этим, очевидно, необходимо активизировать проведение геолого-минералогического картирования масштаба 1 : 200 000 и крупнее, нацеленного на выделение поисковых площадей и оценку прогнозных ресурсов (P_3 , P_2) новых рудных районов, узлов и полей с предполагаемыми месторождениями разных, в том числе, урановорудных формаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Временное руководство по оценке природных ресурсов урана. — М.: ВИМС, 1983.
2. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. — ВИЭМС, ВИМС, ВНИИгеолнатур, ВСЕГЕИ, ИМГРЭ, ЦНИГРИ. Вып. I–XV, 1986. Вып. I–V, 1989.
3. Методические основы оценки прогнозных ресурсов и запасов урана. — М.: ВИМС, 2004.
4. Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых / Под ред. А.И. Кривцова. — М.: ЦНИГРИ, 2010.

© Мигута А.К., Щеточкин В.Н., 2016

Мигута Анатолий Константинович // vims@df.ru
Щеточкин Валерий Николаевич // vims@df.ru

УДК 550.311:551.24(470.21)

Филатова В.Т. (Геологический институт КНЦ РАН)

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГЛУБИННОМ СТРОЕНИИ ЦАГИНСКОГО ГАББРО-ЛАБРАДОРИТОВОГО МАССИВА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

Выполненная интерпретация гравитационного поля с привлечением результатов сейсморазведки позволила оценить глубину залегания нижней границы Цагинского габбро-лабродоритового массива, несущего титаномагнетитовое оруденение с попутным ванадием, а также охарактеризовать дифференцированность его внутреннего строения. Показано, что массив выглядит как пластиноподобное тело при мощности 3.5 км и при его продолжении на север и восток за пределы границы, устанавливаемой на эрозионной поверхности. На глубинах 0.1–0.4 км от поверхности выявлены тела с аномальной плотностью, которая указывает на присутствие существенных объемов титаномагнетитовых руд. **Ключевые слова:** Балтийский щит, неоархей, габбро-лабродориты, титаномагнетитовое оруденение, глубинное строение, численное моделирование.

Filatova V.T. (Geological Institute KNC RAN)

THE NEW INFORMATION ON THE DEEP STRUCTURE OF THE TSAKINSKOGO GABBRO-LABRADORITE MASSIF (KOLA PENINSULA)

*There was performed interpretation of the gravitational field with the involvement of seismic results allowed us to estimate the depth of the lower boundary Tsaginskogo array bearing titaniferous magnetite mineralization with associated vanadium, and it gave characterize the differentiation of its internal structure. These was presented by the array looks like a plate-like body with a power of 3.5 km and its extension to the north and east beyond the boundaries set by the erosion on the surface. At depths of 0.1–0.4 km from the surface of the body have been identified with abnormal density, which indicates the presence of significant amounts of titanium magnetite ores. **Keywords:** Baltic Shield, Neoarchean, gabbro-labradorite, titanomagnetite mineralization, deep structure, numerical modeling.*

Кольский п-ов, сложенный преимущественно докембрийскими породами, представляет собой область широкого развития основного и ультраосновного магматизма. Среди докембрийских базитов и гипербазитов региона особый интерес представляют габбро-лабродориты, несущие магматическое окисное железо-титановое оруденение. Цагинский массив находится в ряду типичных рудоносных массивов габбро-лабродоритовой формации. Массив вмещает комплексные железотитанованадиевые руды, является самым обширным по площади в пределах региона и наиболее изученным геолого-геофизическими методами. Ранее при поисках богатых руд в районе исследований работы проводились фрагментарно. Внимание преимущественно уделялось изучению близповерхностных магнитных даек, которые имеют незначительное распространение. В силу этого не было получено полного знания о структуре массива, и в итоге постоянно возникали противоречивые мнения о его глубинном строении и рудоносности. Для района Цагинского габбро-лабродоритового массива впервые была осуществлена интерпретация гравитационного поля в трехмерном варианте с использованием сейсмических данных в целях изучения его глубинного строения. Построенная объемная модель Цаги позволила выделить в пределах массива тела с аномальной плотностью, которые можно объяснить присутствием пород с богатым титаномагнетитовым оруденением. В статье впервые представлены количественные оценки глубины залегания подошвы массива и масштабы его простираения, полученные на базе комплексных геолого-геофизических исследований с использованием математического моделирования.

Геологические особенности и изученность района исследований

Интрузивы габброидов Кольского п-ова, несущие титаномагнетитовое оруденение, размещены преимущественно в краевых частях подвижных зон [2]. Наиболее типичными рудоносными массивами данной формации являются интрузивы Кейвского региона, наиболее крупным из которых является Цагинский массив (рис. 1). Цагинский массив, представленный титаномагнетитовыми рудами с попутным ванадием, на протяжении многих лет привлекает внимание исследователей.

дователей, как с точки зрения своего строения, так и рудоносности. Данный массив расположен в юго-западной краевой части Кейвской структуры в пределах Верхнепонойского блока; имеет неогарейский возраст (U-Pb возраст — 2668 ± 2 млн. лет [4]); приурочен к глубинному разлому меридионального простираия; с запада ограничен гнейсо-гранитами Центрально-Кольского блока, а с юга — Панским массивом. Строение глубинной части массива не изучено.

Судя по общему структурно-геологическому положению массива, гнейсо-граниты являются его основанием. Кровля интрузива представлена гнейсами Кейвской структуры, останцы которых в виде ксенолитов встречаются в породах массива и закартированы в его северо-восточной части [10]. Центральная часть массива сложена крупно- и гигантозернистыми оливиновыми габбро, троктолитами, пироксенитами, габбро-лабрадоритами и существенно титаномагнетитовыми рудами [10]. Слои титаномагнетитовых руд чередуются в разрезе с гигантозернистыми габбро и лабрадоритами. При этом эндоконтактные зоны сложены среднезернистыми габбро и габбро-норитами с шлирами вкрапленных титаномагнетитовых руд. По отношению к гнейсо-гранитам массив является дискордантной интрузией с конформной автономной структурой. Ранее допускалось, что подошва Цагинского массива имеет желобообразную форму, протягивающуюся в меридиональном направлении, с падением бортов к центру

под углом $30-40^\circ$ [10]. При этом мощность массива оценивалась в 2.5–3.0 км.

На территории распространения массива в разные периоды было выполнено бурение (до 200–300 м) и комплекс геофизических работ (сейсморазведка, гравитационные и магнитные съемки, электроразведка). Петрофизические свойства пород Цагинского массива и его обрамления (плотность и магнитная восприимчивость) были также подвергнуты изучению [1, 11]. Систематизация петрофизических данных по району показала, что титаномагнетитовые руды массива обладают повышенной плотностью и магнитной восприимчивостью по сравнению с вмещающими породами. Средневзвешенное значение плотности окисных железо-титановых руд равно 4.05 г/см^3 . Выполненный ранее анализ структуры геофизических аномалий в пределах района продемонстрировал, что Цагинский массив контрастно выделяется в геофизических полях и отмечается максимальными значениями магнитного и гравитационного полей в пределах Кейвской структуры [9]. При этом область повышенных значений поля Δg и ΔZ перекрывает не только территорию Цагинского массива, но и простирается в северном, северо-восточном и восточном направлении. Немногочисленные и неглубокие скважины и горные выработки показали, что Цагинский массив является первично-расслоенным массивом с большим разнообразием структурных элементов, как первичного, так и вторичного происхождения [5, 10].

При поисках богатых руд в пределах Цагинского массива внимание преимущественно обращалось на близповерхностные титаномагнетитовые тела, которые, как оказалось при разведке, имели незначительное распространение и несущественно влияли на гравитационное поле. В центральной части массива богатые титаномагнетитом жилы по данным бурения не прослеживаются на значительные расстояния по падению и простираию, но выявляется специфическая особенность — с глубиной количество титаномагнетитовых слоев и их мощность увеличивается [5, 6]. Известно содержание титаномагнетита в массивных рудах — 70–80 %, полосчатых — 45–70 %, вкрапленных — 5–40 % [6]. Технологические исследования, ранее проводимые в ленинградском институте «Механобр» и Горном институте Кольского филиала АН СССР, показали принципиальную возможность выделения титаномагнетитовых концентратов из окисных железо-титановых руд региона. Для получения высококачественных титаномагнетитовых концентратов при высокой степени извлечения (до 80 %) руды Цагинского массива находятся в группе наиболее перспективных (состав концентратов: $\text{Fe}_{\text{общ}}$ — 58–59 %, TiO_2 — 11–12 %, V_2O_5 — 0.5 %) [5]. Комплексные руды Цаги относятся к среднетитанистым ($\text{Fe}/\text{TiO}_2 = 4-5$) и считается, что в настоящее время не могут перерабатываться по обычной технологии.

Несмотря на большой комплекс работ, выполненный в пределах массива, слабая обнаженность и недостаточная разведанность не позволили осуществить интерпретацию внутреннего строения столь интересного объекта в полной мере и сформировать более точ-

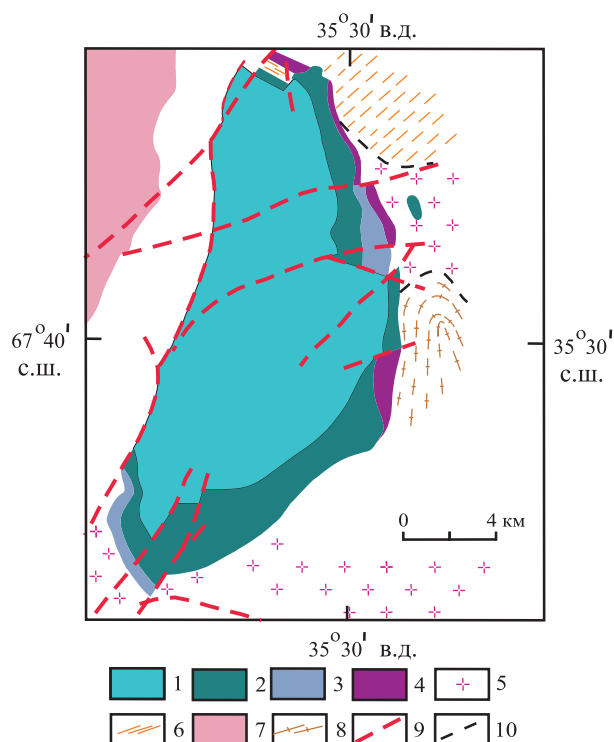


Рис. 1. Схема геологического строения Цагинского массива: 1 — габбро-лабрадориты, лабрадориты; 2 — преимущественно габбро и габбро-нориты «краевого комплекса»; 3 — сиенитизированные габбро и габбро-нориты «краевого комплекса»; 4 — сиениты, гранито-сиениты; 5 — щелочные граниты; 6 — гнейсы Кейвской структуры; 7 — нерасчлененный комплекс биотитовых, биотит-амфиболовых, амфиболовых гнейсов; 8 — плагиомикроклиновые и микроклин-плагиоклазовые граниты Центрально-Кольского блока; 9 — разрывные нарушения; 10 — условные границы

ное представление о его морфологии, геолого-структурной позиции и его рудоносности.

Методика исследований. В целях изучения общей структуры Цагинского массива и ориентировки будущих поисково-разведочных работ была построена объемная плотностная модель района исследований. Существующая контрастность петроплотностных характеристик пород и руд Цагинского массива и пород его обрамления [1, 11] (табл. 1, 2) рассматривается как наиболее благоприятный фактор для решения поставленной задачи. В качестве исходных данных использовалось наблюдаемое поле Δg масштаба 1:50000 и результаты сейсморазведочных работ МОГТ, выполненные в период 1988–1993 гг. Построение вероятностного распределения гравитационных масс под поверхностью наблюдения проводилось с учетом имеющихся данных о геологическом строении массива, плотностных характеристик пород и руд, а также полученных оценок мощности массива. Расчет плотностной модели Цагинского массива выполнялся на базе решения обратной трехмерной задачи гравиразведки для горизонтального слоя с вертикальным градиентом плотности [7, 8]. При этом интерпретация гравитационного поля осуществлялась путем обращения поля Δg в плотность в заданном объеме среды. Алгоритмы, которые заложены в программном обеспечении, разработаны в рамках подхода к интерпретации гравитационных данных, использующего линейные трансформации инверсионного типа.

Процесс нахождения искомого решения является двухэтапным. На первом этапе строится такое формальное распределение масс, поле которого совпадает с наблюдаемым. В силу этого выполняется построение эквивалентного по заданному внешнему полю гори-

зонтального слоя мощности h с определением его плотности — $\sigma^{(экв)}(x, y)$. Мощность элементарного слоя h равна шагу задания исходного гравитационного поля — $h = \Delta x$. На втором этапе полученное формальное распределение масс ($\sigma^{(экв)}(x, y)$) преобразуется в искомое в заданном объеме среды — слое мощности H ($H > h$). Допускаем, что верхняя плоскость элементарного эквивалентного слоя мощности h и модельного слоя мощности H совпадает с поверхностью наблюдений. Гравитационное поле от модельного слоя $\Delta g^{(мод)}(x, y)$ можно представить суммой полей от элементарных слоев, залегающих на глубинах $z = 0, h, 2h, \dots, Nh$. Функция плотности $\sigma^{(экв)}(x, y)$ элементарного эквивалентного слоя мощности h трансформируется в плотность модельного слоя мощности H , а затем выполняется эквивалентное перераспределение масс путем последовательных приближений, используя определенные критерии отбора частного решения, которые применяются при задании вертикального градиента плотности. Вертикальный градиент представляет собой весовую функцию, вид которой непосредственно зависит от оценки глубины залегания подошвы Цагинского массива. Кроме этого накладываются ограничения на рассчитываемые плотностные характеристики модели массива: $\sigma_{min}(x, y)$ — плотность вмещающих пород (граниты, гнейсы); $\sigma_{max}(x, y)$ — плотность пород Цаги (лабрадориты, габбро-лабрадориты, габбро-нориты, титаномagnetитовые руды).

Для оценки глубины залегания подошвы Цагинского массива использовались корреляционные методы интерпретации геофизических аномалий. Геофизические аномалии можно рассматривать как реализации некоторых случайных величин, которые характеризуются взаимной корреляционной функцией [3]. Решение заключается в нахождении операторов связи между геофизическим полем и заданной (эталонной) геологической характеристикой. В приложении к структурной задаче искомым геологическим объектом является гипсометрия опорного горизонта, а в эталонных точках задаются значения глубин его залегания и наблюдаемое поле Δg . Применительно к району исследований общее количество эталонных точек составило 27, в каждой из которых задавалось значение поля $\Delta g(x, y)$ и глубина залегания нижней кромки массива $H(x, y)$, которая была оценена по данным сейсморазведки. Причем выбирались наиболее надежные и усредненные оценки мощности массива в эталонных точках. В целях прогнозирования опорного рельефа, описывающего нижнюю границу гравитационного слоя Цагинского массива в трехмерном варианте, для каждого эталонного значения глубины составлялось уравнение вида:

$$H(x, y) = c_0 + \sum_{i=-N}^N \sum_{k=-N}^N c_{ik} \cdot \Delta g(x + i\Delta x, y + k\Delta y),$$

где c_0, c_{ik} — коэффициенты весовой функции (переходной характеристики), которые определяют характер корреляционной связи в районе; Δx и Δy — шаг суммирования по x и y , равный 0.5 км.

В результате были рассчитаны коэффициенты переходной характеристики (среднеквадратическая по-

Таблица 1
Плотность пород и руд Цагинского массива

Разновидности пород и руд	Плотность, от — до, г/см ³	Плотность, среднее, г/см ³	Процесс преобразования пород и руд
Лабрадориты	2.75 – 2.80	2.77	Неизменные с редкой вкрапленностью титаномagnetита
Габбро-лабрадориты	2.83 – 2.96	2.87	
Габбро крупнозернистые	2.80 – 2.98	2.90	
Габбро и габбро-нориты среднезернистые	2.82 – 3.15	2.98	
Титаномagnetитовые руды:			Неизменные
сплошные	4.33 – 4.69	4.47	
богатые вкрапленные	3.81 – 4.26	4.02	
бедные вкрапленные	2.77 – 3.77	3.26	

Таблица 2
Плотность пород обрамления Цагинского массива

Разновидности пород	Плотность, г/см ³
Биотито-амфиболовые плагиограниты-гранодиориты	2,65 – 2,67
Биотитовые, амфибол- и пироксен-биотитовые гнейсы	2,64 – 2,66
Плагиомикроклиновые граниты	2,58
Субщелочные граниты	2,60 – 2,63

грешность прогноза для выбранных точек — 0.13 км), которые были использованы для оценки глубины залегания нижней границы массива по всей его площади.

Обсуждение результатов

Построенный прогнозный рельеф нижней кромки Цаги показал, что мощность массива может достигать 3.0–3.5 км (рис. 2). В плане рельеф имеет форму, вытянутую в меридиональном направлении. В целом наблюдается корреляция с проводимой на поверхности границей габбро-лабрадоритового массива, но при этом гравитационная толща продолжается в северном и восточном направлении за пределы границ массива, устанавливаемых на эрозионной поверхности. По конфигурации рельефа интрузив можно разделить на две области — северная и южная, которые смещены относительно друг друга в широтном направлении, и их мощность может достигать 3.5 км. В западной части массива на границе с гранито-гнейсами Центрально-Кольского блока мощность повсеместно не превышает 2.5 км. В центральной его части (в зоне смещения северного и южного секторов массива) — мощность около 3 км.

Полученная объемная плотностная модель Цагинского массива позволяет представить его в виде пластиноподобного тела, мощность которого в основном варьирует от 3 до 3.5 км, а плотность пород изменяется в интервале 2.87–3.02 г/см³. Положение нижней границы физической модели коррелируется с рассчитанным прогнозным горизонтом, описывающим рельеф нижней кромки Цаги. Данные плотностной модели указывают на продолжение массива в северном и восточном направлениях при пологом погружении под гнейсы и щелочные граниты Кейвской структуры и при уменьшении его мощности до 3 км. При этом однозначно определяется положение западного контакта, а именно: при устойчивом восточном падении просматривается пологое его залегание у поверхности (30–35°), далее до глубины 2.5 км контакт имеет довольно крутое залегание (45–50°), но глубже 2.5 км он выполаживается. На контакте Цагинского массива с подстилающими гнейсо-гранитами выделяется переходный слой мощностью 0.5–0.7 км с плотностью 2.86 г/см³, который, вероятно, включает в себя контактово-измененные вмещающие породы. Следует принять во внимание, что в действительности нижний контакт массива с гнейсо-гранитами может иметь весьма сложную конфигурацию в виде остроугольных апофиз или уступов-языков. Не исключено, что на отдельных участках мощность массива может достигать до 3.8 км.

На рис. 3 приведены схемы распределения плотностных неоднородностей в интервале глубин 0–1.5 км, в пределах которых наиболее отчетливо наблюдается контрастность в распределении плотностных неоднородностей. Для больших глубин построенные схемы выглядят более приглушенными и в силу ограниченности объема статьи не приводятся. Полученные результаты, как мы видим, подтверждают существующие представления о дифференцированном строении массива. Согласно построенным схемам (рис. 3) массив делится на две зоны — северная и южная, для которых разделение наиболее отчетливо на-

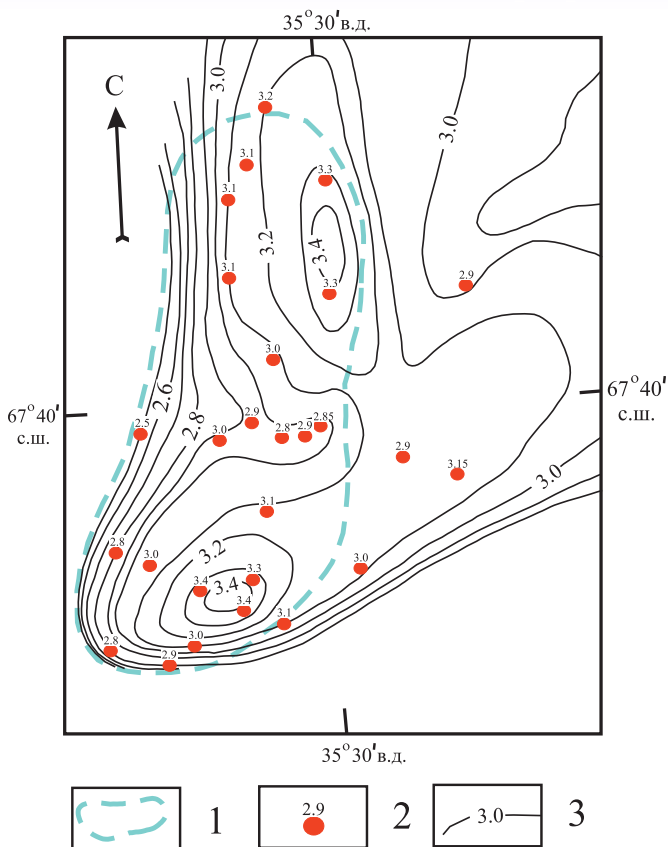


Рис. 2. Прогнозная оценка глубины залегания нижней границы Цагинского массива: 1 — граница массива, устанавливаемая на эрозионной поверхности; 2 — положение эталонной точки и мощность массива, км; 3 — изолинии опорного горизонта, км

чинает проявляться с глубины 0.5 км. На глубинах более чем 1 км наблюдается смещение северной зоны относительно южной в субширотном направлении. Центральная часть массива, сложенная преимущественно габбро-лабрадоритами и лабрадоритами с включением титаномагнетитовых руд, просматривается в физической модели по значениям плотности в интервале 2.87–2.92 г/см³ до глубин 1.0–1.3 км. Ниже присутствует второй комплекс пород с плотностью 2.97–3.00 г/см³ мощностью до 2 км. В пределах выделенных комплексов установлены тела с аномальной плотностью 3.02–3.04 г/см³ и мощностью около 0.5–2.0 км. Эти тела размещены на глубине 0.1–0.5 км, лишь в южной половине массива одно из самых крупных тел выходит на поверхность. По всей видимости, они соответствуют участкам пород с богатым титаномагнетитовым оруденением. Краевой комплекс массива, сложенный преимущественно габбро и габбро-норитами с шлирами вкрапленных титаномагнетитовых руд, четко прослеживается в плотностной модели в виде узких зон с плотностью 2.87–2.92 г/см³ в интервале глубин 0–0.5 км на западном и южном контактах Цаги с вмещающими породами.

Выводы. Таким образом, выполненный комплекс исследований, включающий совместную интерпретацию гравитационного поля и сейсморазведочных данных, позволил представить Цагинский массив в виде слоистого пластиноподобного тела мощностью до

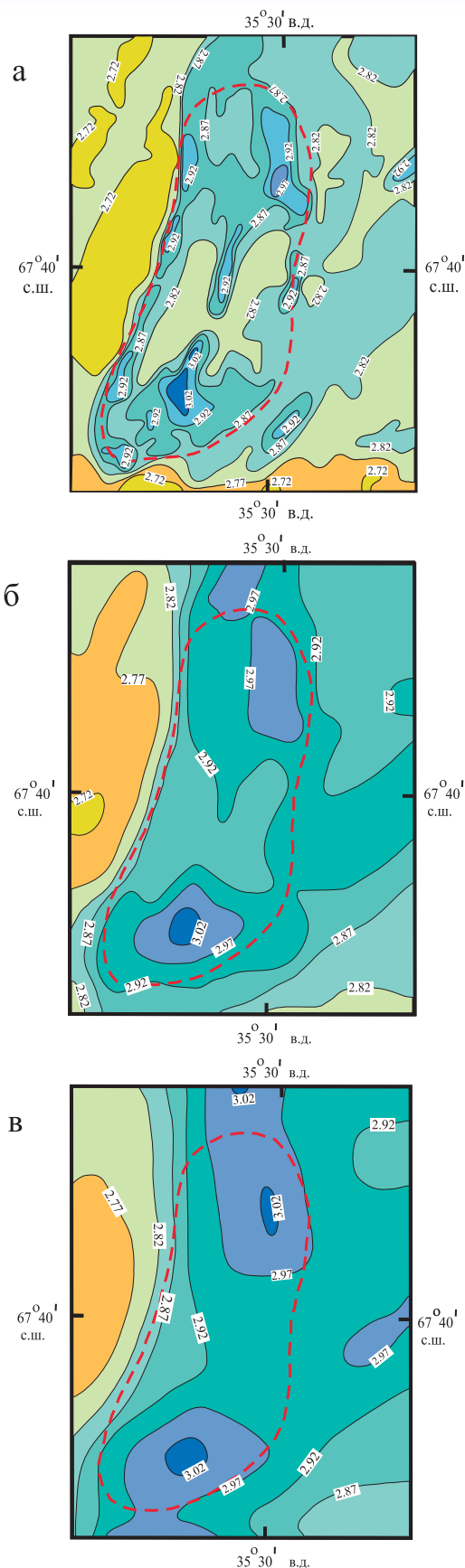


Рис. 3. Схема распределения плотностных неоднородностей в породах в интервале глубин: а — 0–0.5 км; б — 0.5–1.0 км; в — 1.0–1.5 км. Пунктирная линия красного цвета определяет границу массива, показанную на геологической карте

3.5–3.8 км. Данные плотностной модели указывают на продолжение массива в северном и восточном направлениях за пределы границы, показанной на геологической карте. Также можно предположить, что к востоку среди гнейсов и щелочных гранитов расположен еще один массив основных пород, не выходящий на поверхность и связанный единством происхождения с Цагинским массивом.

На глубинах 0.1–0.4 км от поверхности выявлены тела с аномальной плотностью и мощностью от 0.5 до 2 км, которые не отражены на эрозионном срезе. Полученные значения плотности пород в аномальных зонах ($3.02\text{--}3.04\text{ г/см}^3$) могут говорить о том, что в пределах этих участков существенно увеличивается как количество слоев титаномagnetитовых руд и их мощность, так и объем вкрапленных руд. Наибольший практический интерес представляет самая крупная зона в южной части массива, в пределах которой тело с аномальной плотностью практически выходит на поверхность. Мощность данного объекта достигает 1.8 км, площадь его проекции на дневную поверхность — около 4 км^2 , а запасы руды могут составить $(16\text{--}20) \cdot 10^3\text{ г/см}^3$ млн. т. В северной части интрузива наблюдается аналогичное по масштабам скрытое тело с аномальными значениями плотности, глубина залегания его верхней кромки может варьировать от 100 до 400 м.

Таким образом, в пределах Цагинского массива титаномagnetитовое оруденение, ассоциирующееся с габбро-лабрадоритами, характеризуется значительным объемом при относительно невысоком содержании двуокиси титана. Проведенные исследования позволяют значительно расширить перспективы массива на окисные железо-титановые руды за счет выявленных аномальных зон. Эти руды в будущем могут явиться источником для получения железа, титана, ванадия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Верба, В.В. Петрофизическая характеристика докембрийских комплексов северо-восточной части Кольского полуострова / В.В. Верба, В.Г. Гаскельберг, В.Г. Зайцев / Петрофизическая характеристика советской части Балтийского щита. — Апатиты: КФАН СССР, 1976. — С. 34–38.
2. Докембрийская тектоника северо-восточной части Балтийского щита (объяснительная записка к тектонической карте масштаба 1:500000) / А.Т. Радченко, В.В. Балаганский, А.Н. Виноградов и др. — СПб: Наука, 1992.
3. Каратаев, Г.И. Методика комплексной геологической интерпретации гравитационных и магнитных аномалий / Г.И. Каратаев, Б.П. Ватлин, Т.Л. Захарова. — Новосибирск: Наука, 1973.
4. Лиферович, Р.П. Цагинский массив: геохимические особенности, возрастные данные / Р.П. Лиферович, Т.Б. Баянова // Матер. 9-й молодежной науч. конф. «Геология Балтийского щита и других докембрийских областей России». — Апатиты: КНЦ РАН, 1995. — С. 25–30.
5. Минеральные месторождения Кольского полуострова / Г.И. Горбунов, И.В. Бельков, С.М. Макиевский и др. — Л.: Наука, 1981.
6. Пожиленко, В.И. Геология рудных районов Мурманской области / В.И. Пожиленко, Б.В. Гавриленко, Д.В. Жиров, С.В. Жабин. — Апатиты: КНЦ РАН, 2002.
7. Филатова, В.Т. Объемная модель Мончегорского рудного района на основе гравимагнитных данных / В.Т. Филатова // Отечественная геология. — 1995. — № 10. — С. 65–72.
8. Филатова, В.Т. Тектонофизическое моделирование геодинамических режимов формирования континентальной коры (на примере северо-восточной части Балтийского щита) / В.Т. Филатова / Автореф. дис. докт. физ.-мат. наук. — М.: ИДГ РАН, 2004.
9. Филатова, В.Т. Структурно-вещественные неоднородности Кейвского блока по геофизическим данным / В.Т. Филатова, В.П. Петров // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 3. — С. 27–34.

10. Юдин, Б.А. Габбро-лабрадоритовая формация Кольского полуострова и ее металлогения / Б.А. Юдин. — Л.: Наука, 1980.

11. Юдин, Б.А. Петрофизические особенности нижнепротерозойских габбро-лабрадоритовых массивов Кольского полуострова / Б.А. Юдин, П.Л. Кацеблин / Петрофизическая характеристика советской части Балтийского щита. — Апатиты: КолФАН СССР, 1976. — С. 50–52.

© Филатова В.Т., 2016

Филатова Валентина Тимофеевна // filatova@geoksc.apatity.ru

УДК 553.411 (571.61)

Савчук Ю.С., Волков А.В., Мурашов К.Ю., Аристов В.В.
(Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН)

МАЛООБЪЕМНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА РАЙОНА КОКИМБО (РЕСПУБЛИКА ЧИЛИ)

*Рассмотрены малообъемные месторождения золота Республики Чили на примере рудного поля Япин. Дана характеристика геологического строения объектов и минералогическо-геохимических особенностей руд, среди которых выделены: прожилково-вкрапленные малосульфидные (Эскондиды), прожилково-вкрапленные от малосульфидных до сульфидных (Сан-Альберто) и жильно-прожилковые малосульфидные (Восточная зона). По геохимическим особенностям рудная минерализация отнесена к продуктам медно-порфировой рудообразующей системы. Сделан вывод, что описанные месторождения — типичные объекты для старательской отработки, которая дает заметный вклад в годовую добычу страны. Развитие такой добычи в нашей стране, учитывая огромное количество мелких месторождений золота, могло бы дать дополнительно от 5 до 10 т золота в год. **Ключевые слова:** Чили, гранитоиды, золото, малосульфидные руды, РЗЭ.*

Savchuk Yu.S., Volkov A.V., Murashov K.Yu., Arisov V.V. (Institute of Geology of Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, Russian Academy of Sciences)

SUCCINCT GOLD DEPOSIT AREA COQUIMBO (REPUBLIC OF CHILE)

*We were considered low volume gold deposits of the Republic of Chile on the example of the field Yaping. There Characteristics of the geological structure of the objects and the mineralogical and geochemical features of ores, among which are highlighted: low-sulphide vein-disseminated (Escondida), stringer-disseminated from low-sulphide to sulphide (San Alberto) and low-sulphide vein-veinlets (Eastern zone). According to the geochemical characteristics of mineralization is related to the products of copper-porphyry ore-forming system. It has been concluded that the described field — typical sites for artisanal mining, which gives a significant contribution to the country's annual production. The development of such production in our country is, given the large number of small deposits of gold, it would give an additional 5 to 10 tons of gold per year. **Keywords:** Chile, granitoids, gold, low-sulphide, REE.*

Высокая цена, установившаяся на золото в мире, привела к росту добычи не только из крупнотоннажных гигантов транснациональными компаниями [2], но и из

многочисленных мелких месторождений небольшими старательскими артелями и старателями-одиночками. Отметим, что горное законодательство во всем мире, за исключением России и стран СНГ, благоприятствует развитию добычи золота небольшими компаниями и старателями-одиночками. В нашей стране последняя законодательно запрещена, поэтому сотни тысяч мелких месторождений золота остаются невостребованными. Неоднократные попытки внести поправки в законы, запрещающие индивидуальную добычу золота и других полезных ископаемых, блокируются на федеральном уровне. В развитии малого бизнеса, как потенциального конкурента на рынке труда, не заинтересованы крупные предприятия-монополисты и старательские артели, сохранившиеся с советских времен. Руководство компаний справедливо полагает, что многие наиболее инициативные и квалифицированные работники и специалисты предпочтут наемным условиям труда свой частный бизнес, который окажется достаточно эффективным и конкурентоспособным.

Республика Чили обладает наибольшим среди латиноамериканских стран потенциалом развития добычи золота [1]. На территории Чили известно множество золоторудных месторождений разных геолого-промышленных типов и масштабов. Однако золото добывается главным образом из трех типов месторождений: эпitherмальных низкосульфидизированных (месторождение Эль-Пенон и др.), эпitherмальных высокосульфидизированных (месторождение Марикундо и др.) и Cu-Mo-Au-порфировых (Эль Арба и др.). Уровень добычи металла в 2014 г. достиг 46 т [6], а активные запасы превысили 3900 т [10]. Основное производство сконцентрировано на собственно золоторудных месторождениях, где добыто 26,9 т, что соответствует 58 % от общей годовой добычи золота страны. На крупные компании приходится 83 % этого объема, на средние — 12 % и на малые предприятия — 5 % [6]. На медных месторождениях производится попутная добыча золота в объеме 18,8 т, что соответствует 40 % от годового производства, а на малых и средних объектах по добыче серебра, свинца и цинка — 1 % от общего количества [6].

Несмотря на перспективность золота, его металлогения на обширных территориях Чили изучена крайне неравномерно. Большие площади с признаками рудности по-прежнему служат аренной деятельности мелких старательских артелей и индивидуальных старателей. В этих районах на многочисленных мелких месторождениях ведется кустарная добыча в основном коренного золота. Здесь добывается ежегодно 2–3 % золота страны.

В статье приведены результаты экспертных работ российских геологов в составе компании «Diam Gold Chile» на мелких месторождениях золота в пределах рудного поля Япин, расположенном в округе Кокимбо, в 10 км к юго-востоку от г. Ильяпель (рис. 1, врезка). Если информация по крупным месторождениям вполне доступна и публикуется в специализированных и научных журналах, то мелкие месторождения обычно не привлекают внимания геологов и остаются практически не изученными. На рудном поле работают стара-