

Основные направления и предварительные результаты прогнозирования золоторудных месторождений в восточной (русской) части Фенноскандинавского щита

Рассмотрены основные особенности металлогении золота на зарубежных докембрийских щитах (без учёта осадочно-метаморфогенных месторождений золотоносных конгломератов и магматогенных золото-содержащих медно-никелевых и платинометалльных месторождений) и региональные особенности восточной части Фенноскандинавского щита. Обобщены и проанализированы данные по геологической позиции золоторудных месторождений Финляндии. Дан краткий анализ результатов работ и поисковой изученности на золото территории Карело-Кольского региона. На основе созданной автором цифровой модели специализированной на золото прогнозно-металлогенической карты восточной части Фенноскандинавского щита предложены приоритетные направления дальнейших геологоразведочных работ в Карело-Кольском регионе. Прогнозируется возможность выявления средних и крупных месторождений различных формационных и геолого-промышленных типов.

Ключевые слова: металлогения, золото, Фенноскандинавский щит, Финляндия, Карело-Кольский регион, месторождения, проявления, прогнозные ресурсы, рекомендации.

БЕЗРУКОВ ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ, заместитель заведующего отделом региональных ГРП ЦГГК, Vladimir_Bezrukov@vsegei.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А. П. Карпинского» (ФГБУ «ВСЕГЕИ»), г. Санкт-Петербург

Major activities and provisional results of gold deposit forecasting in the eastern (Russian) part of Fennoscandian shield

V. I. BEZRUKOV

Federal State Budgetary Institution «A. P. Karpinsky Russian geological research institute» (FGBU «VSEGEI»), Saint Petersburg

The paper discusses the main gold metallogeny features within foreign Precambrian shields (excluding sedimentary-metamorphogene deposits of Au-rich conglomerates and magmatogene Au-rich Cu-Ni and PGE deposits) and regional features of the eastern Fennoscandian shield. Data on geological setting of Finnish gold deposits are summarized and analyzed. The paper briefly reviews gold prospecting knowledge within Karelian-Kola region and work results. The author compiled a digital model of gold-specific forecast-metallogenic map for the eastern Fennoscandian shield; based on this model, further prioritized exploration activities in Karelian-Kola region are proposed, potential for discovering medium-sized and major deposits of various formational and geological/economic types is forecasted.

Key words: metallogeny, gold, Fennoscandian shield, Finland, Karelian-Kola region, deposits, occurrences, resources, recommendations.

Анализ перспектив рудоносности русской части Фенноскандинавского щита выполнен на основе ведущих факторов и признаков, определённых по результатам сбора и обобщения информации о металлогении золота в пределах зарубежных выступов докембрийского фундамента (щиты, кратоны), в том числе и на территории Финляндии.

Некоторые особенности металлогении золота в пределах зарубежных докембрийских щитов. На территориях зарубежных докембрийских щитов известны 3 группы золоторудных месторождений, которые размещаются в архейских зеленокаменных поясах, в эпикратонных протерозойских структурах и в зонах тектоно-магматической активизации. В каждой

из этих групп присутствуют крупные (100–300 т) и крупнейшие (> 300 т) по размерам месторождения [4].

Месторождения архейских зеленокаменных поясов в подавляющем большинстве представлены эпигенетическими месторождениями, связанными с финальными стадиями орогенного тектогенеза.

Подчинённым развитием пользуются стратиформные сингенетические месторождения, которые локализируются в горизонтах железистых кварцитов, располагающихся в разрезах вулканогенных толщ андезито-базальтового или коматиит-базальтового составов (например, месторождения Лукин и Пикл Кроу, 42–45 т – Канадский щит; Вубачикве и Кон-немара, 10–12 т – Капско-Аравийский щит).

Для многих месторождений этого типа установлено развитие наложенной эпигенетической золоторудной минерализации [4].

Среди эпигенетических золоторудных месторождений, в свою очередь, присутствуют две крупные группы объектов: месторождения, которые обнаруживают пространственную и парагенетическую связь со штоками и дайками гранитоидного состава – интрузивно-связанный генетический тип, и месторождения, для которых такая связь отсутствует – орогенический мезотермальный генетический тип [8, 9].

Золоторудные месторождения орогенического мезотермального типа локализируются в любых вещественных комплексах, участвующих в строении зеленокаменных поясов: в вулканогенных толщах базит-гипербазитового состава (например, месторождения Шеба, Файвью и Нью-Консорт пояса Барбертон в ЮАР, > 250 т; Керр-Эдисон, 340 т – Канадский щит; Булавайо – Капско-Аравийский щит; Колар, 900 т и Хутти – Индийский щит; Норсмен – Западно-Австралийский щит), в толщах средне-кислых вулканитов (Норанда-Хорн, 120 т – Канадский щит; Мотто – Капско-Аравийский щит); в осадочных и в туфогенно-осадочных комплексах, завершающих разрезы зеленокаменных поясов (Морроу-Велью, 430 т – Бразильский щит; Кохинор, Консолидейтед-Дискавери-Иеллоунайф, Лонг-Лейк, Пеймор-Брулин – Канадский щит; Кем-Мотор, Кон-сорт – Капско-Аравийский щит; Лэнк-фильд – Западно-Австралийский щит), в силлах долеритов (Калгурли, 1300 т – Западно-Австралийский щит), в субвулканических телах кварцевых порфиров и во вмещающих их туфах средне-кислого состава (Хемло, 750 т, Доум, 400 т – Канадский щит), располагающихся на различных уровнях разрезов зеленокаменных поясов [4].

Рудные тела представлены гидротермальными иногда метасоматическими кварцевыми жилами, зонами прожилкования и минерализованными зонами.

Одними из ведущих факторов локализации золоторудных месторождений орогенического мезотермального типа, которые в значительной мере определяют и масштабность объектов, являются неоднородность рудовмещающей среды и степень компетенции отдельных её компонентов к хрупким и пластическим деформациям. Рудоконтролирующими служат продольные, диагональные и поперечные зоны разломов, смятия и складчатости. Характерны эшелонированное размещение рудных тел и большой вертикальный размах оруденения – до 2,5–3,0 км [4].

Интрузивно-связанные месторождения присутствуют в дайко- и трубообразных однофазных или дифференцированных штоках пёстрого состава (от гранитов до габбро, иногда субщелочного состава, вплоть до сиенитов), которые размещаются как внутри зеленокаменных поясов, так и в их прибортовых частях [4]. Размеры штоков от малых – 250×120 м (Сигма-Ламак, 310 т – Канадский щит) до средних – 0,4×5,0 км (Керкленд-Лейк, 750 т – Канадский щит) и крупных – 4,5×7,0 км (Биндура, 15 т – Капско-Аравийский щит). Рудные тела – золотоносные кварцевые жилы, штокверки и зоны кварц-сульфидной минерализации, которые локализируются в полностью метасоматически изменённых породах мелких штоков, в краевых частях средних и крупных по размерам штоков, в экзоконтактах и вблизи контактов штоков (на удалении до 700 м, Квесабе) в различных вмещающих вулканогенно-осадочных породах.

На некоторых интервалах продольных тектонических зон рудного поля Поркьюпайн, контролирующего размещение рудоносных штоков (месторождения Холлинджер, Мак-Интайр, Кониорэм и Монета), наиболее насыщенными рудными телами являются интервалы рудной системы, заключённые между порфиоровыми штоками [4]. В пределах этого же рудного поля на месторождении Холлинджер-Макинтайр (Au > 1000 т) отмечается наложение гидротермальной золоторудной минерализации на штокверковое Cu-Ag-Au-Mo оруденение порфиорового типа со средними содержаниями Cu – 0,67 %, Au – 0,59 г/т, Ag – 2,93 г/т и Mo приблизительно 0,05 % [9].

Наиболее крупные запасы интрузивно-связанных месторождений локализованы в мелких штоках [4], для которых характерны ярусное размещение рудных тел и большой вертикальный размах оруденения – до 1500–1800 м (Сигма-Ламак, Престон Ист Доум, Кэмфлю и многие другие в поясе Абитиб). Информации о наличии «оторванных» от зеленокаменных структур архейских интрузивно-связанных золоторудных месторождений в породах фундамента в литературных источниках не встречено.

Размеры выхода на поверхность даже очень крупных и крупнейших архейских месторождений

орогенического мезотермального типа могут составлять от менее одного до первых квадратных километров [8]. Например, площадь уникального по продуктивности месторождения Калгурли (Западная Австралия, зеленокаменный пояс Уилуна-Норсман), из которого добыто 1300 т золота, составляет всего 5–6 км². Золоторудные тела этого месторождения размещаются главным образом в пределах силла долеритов (80 % запасов) и выполняют систему рудовмещающих разломов шириной около 1000–1200 м на протяжении более чем 4000 м. В пределах рудного поля известно более 300 рудных тел мощностью от 0,6 до 24 м со средним содержанием золота в них 13 г/т. Рудные залежи месторождения Хемло (750 т) вытягиваются по простиранию на 100–800 м в пределах рудного поля размером около 5×1,2 км, то есть не более 6–7 км². Месторождение Керр-Эдисон (340 т) приурочено к непротивленному (более 2000 м) отрезку регионального разлома в вулканиках основного состава при мощности рудной зоны до 200 м (0,4 км²). Для месторождения Керкленд-Лейк (750 т), расположенного в пределах дайкообразного штока щелочных габбро и габбро-порфиритов протяженностью не менее 5 км при максимальной мощности до 400 м, площадь рудного поля с поверхности не превышает 2–3 км². Площадь выхода на поверхность многочисленных месторождений в штоках значительно меньше одного квадратного километра (Сигма-Ламак, 310 т; Кемфлю, 80 т и др. – пояс Поркьюпайн).

По составу руды преимущественно золотые, иногда золото-теллуридные (Калгурли), сурьмяносодержащие (Уилуна), золотосодержащие колчеданные (рудный район Норанда, Канада).

В целом для месторождений архейских зеленокаменных поясов характерны: повышенная частота встречаемости крупных и крупнейших по запасам месторождений золота [4], большой вертикальный размах и выдержанность оруденения на глубину до 2,5–3,5 км [7], незначительные размеры выхода на поверхность даже очень крупных и крупнейших месторождений, частое превышение длины по падению относительно протяженности по простиранию.

Месторождения в эпикратонных протерозойских структурах на докембрийских платформах (без учёта осадочно-метаморфогенных месторождений золотоносных конгломератов и магматогенных золотосодержащих медно-никелевых и платинометалльных месторождений) пользуются значительно меньшим распространением и среди них только редкие объекты по размерам достигают мирового класса.

Месторождения представлены орогеническими мезотермальными, эпитепирмальными и VMS-объек-

тами в раннепротерозойских подвижных складчатых областях и в эпикратонных прогибах. Крупные и средние по запасам месторождения размещаются в вулканогенно-сланцевых и песчанико-сланцевых толщах при широком развитии железисто-осадочных и углеродистых формаций и при участии в разрезах кислых субвулканических или интрузивных пород. Рудные тела локализуются в сложностроенных зонах складчато-разрывных дислокаций в виде рудных столбов и стратиформных залежей. К этой группе относятся: месторождение Хоумстейк (1320 т, США) в сланцевом поясе Блэк Хилл на Северо-Американской платформе, который рассматривается как раннепротерозойский эпикратонный прогиб на продолжении канадской золоторудной провинции Абитиби [2]; месторождения Ашанти (к 2001 г. накопленная добыча превысила 900 т) и Престеа (230 т) в Бирримской складчатой системе, располагающейся стратиграфически ниже контактирующей с ней толщи золотоносных кварцитов и конгломератов Тарква в западной части Африканской платформы; месторождение Теннант Крик (около 100 т) в сланцевом поясе Центральной Австралии, которое связано с оригинальной формацией трубчатых железняков в турбидитовых осадочных породах [12]. Рудные тела – золотоносные зоны прожилкования, штокверки, метасоматические залежи, зоны вкрапленной и густовкрапленной сульфидной минерализации, а также метасоматические залежи сплошных магнетитовых и кварц-магнетитовых руд (Теннант-Крик). Рудоконтролирующая роль риолитовых порфиров как предполагаемых экранов для золотоносных растворов наблюдается на австралийском месторождении Теннант Крик и на месторождении Болиден (128 т, Швеция) на Фенноскандинавском щите. По составу руды золотые, в редких случаях экономическое значение имеют кобальт, висмут, серебро (отдельные рудные тела месторождения Теннант-Крик), в месторождениях колчеданного типа золоту сопутствуют медь, свинец, цинк, серебро (Болиден).

Некомпетентными для локализации крупных золоторудных месторождений являются существенно вулканогенные базальт-андезитовые части разрезов протерозойских структур, где, за редким исключением (Сабодало, 68,4 т – северо-западный фланг зоны Киммерим, Сенегал), присутствуют месторождения с запасами золота менее 15–20 т. Как правило, это одиночные рудные тела в непротивленных секущих зонах рассланцевания и дробления, представленные убого- или малосульфидными кварцевыми жилами и штокверками, зонами вкрапленной или прожилково-вкрапленной минерализации в кварцевых и анкерит-серицит-кварцевых метасоматитах [4].

Месторождения зон активизации (внутриплитные и окраинно-континентальные обстановки) локализуются в породах фундамента, иногда накладываются на супракрустальные комплексы архейского и протерозойского возраста. По времени формирования присутствуют посторогенные месторождения докембрийской активизации и месторождения постдокембрийской активизации. Первые из них имеют резко подчинённое значение и характеризуются малыми размерами. Во второй группе важное экономическое значение имеют месторождения мезо-кайнозойского времени (киммерийская и альпийская тектоно-магматические эпохи), которые включают:

- месторождения золото-серебряных, золото-теллуридных и золотых руд в вулcano-тектонических постройках трахибазальт-трахиандезит-риолитовой (или трахилипаритовой) формации, характеризующейся преобладанием калия над натрием (Крипл-Крик, 651 т; Сильвертон-Теллурид, 245 т – Северо-Американская платформа, США) [4];
- телетермальные месторождения золото-серебряных и золото-сурьмяных руд в тектонических швах и в трещинных интрузиях пёстрого состава (Сентрал-Сити-Айдахо-Спрингс, 186 т – Северо-Американская платформа, США; Глоб-Феникс, 170 т – Зимбабвийско-Танзанийский щит, Зимбабве) [4].

Краткая характеристика и отличительные особенности металлогении Фенноскандинавского щита (ФЩ). В геолого-структурном отношении ФЩ представляет собой выступ архейского гранито-гнейсового фундамента с развитыми на этом основании лопийскими зеленокаменными структурами и протерозойскими структурно-вещественными комплексами. Наиболее поздние геологические события связаны с палеозойской тектоно-магматической активизацией, которая привела к становлению немногочисленных массивов центрального типа. Свидетельства мезозойской активизации единичны и не имеют масштабного проявления.

По своим размерам Фенноскандинавский щит (0,8 млн км²) значительно уступает другим докембрийским щитам (от 2–3 млн км² – Капско-Аравийский и Индостанский, до 8 млн км² – Канадский) и характеризуется многочисленными разновозрастными деформациями, которые уничтожили значительную часть лопийской гранит-зеленокаменной области, привели к разблокированию и разобщению отдельных реликтовых фрагментов некогда единых поясов и структур, что усложняет их распознавание и оценку. Наиболее крупные эпикратонные протерозойские комплексы разных морфогенетических типов характеризуются лучшей сохранностью.

С учётом особенностей геологического строения фундамента, времени заложения, этапности развития, состава, морфологии и пространственного размещения лопийских зеленокаменных структур (ЗКС) в пределах восточной части ФЩ предполагается присутствие не только Карельской, но и Кольской гранит-зеленокаменных областей. В разрезах ЗКС Кольской ГЗО значительная роль принадлежит андезит-дацит-риолитовым вулканитам и туфогенно-осадочным толщам, которые чаще всего отвечают верхним частям типовых разрезов ЗКС на других докембрийских щитах.

Несмотря на относительно малые размеры Фенноскандинавского щита, общая площадь ЗКС на этой территории (56 тыс. км²) уступает таковой только лишь Канадскому щиту – 480 тыс. км² и незначительно Западно-Австралийскому – 71 тыс. км² (ОАО «Центрально-Кольская экспедиция», Безруков В. И., Рундквист И. Н., 1985, Безруков В. И., 1998).

К настоящему времени насчитывается 28 ЗКС, в том числе 6 структур на территории Финляндии (общая площадь 5 тыс. км²), 19 на территории Карело-Кольского региона РФ (51 тыс. км²) и 3 структуры занимают трансграничное положение.

Протерозойские структурно-вещественные комплексы по условиям и времени формирования подразделяются на нижнепротерозойские проторифтогенные (РФ – Печенгский, Имандра-Варзуга, Куола-Панаярвинский, Ветренный пояс, Онежский и др.); вулcano-тектонические (РФ – Панареченский, Финляндия – серия мелких структур в пределах Свекофенского блока); окраинно-континентальные (трансграничный Саво-Ладожский пояс) и верхнепротерозойские субплатформенные эпикратонные (РФ – Баренцевоморский, Терский, Беломорский, Ладожско-Онежский). Нижнепротерозойские структуры залегают несогласно и лишь частично используют структурный каркас лопийских ЗКС, наращивая разрезы последних. Разрезы нижнепротерозойских структур достаточно индивидуальны и не всегда поддаются унификации. В наиболее крупных структурах (кроме Саво-Ладожской) на территории Карело-Кольского региона РФ резко преобладают по объёму существенно вулканогенные толщи, представленные андезито-базальтами с нередким участием в разрезах высокомагнезиальных базальтов, коматитов, пикритов или трахибазальтов, иногда андезито-дацитов и дацитов. В существенно терригенно-осадочных (иногда туфогенно- или хемогенно-осадочных) частях разрезов отсутствуют железорудные формации, ограниченным распространением пользуются субвулканические образования кислотно-среднего состава и горизонты углеродсодержащих пород (за исключением шунгитов Онежской структуры),

которые характерны для зарубежных рудоносных структур.

Краткая характеристика и структурная позиция золоторудных месторождений на территории Финляндии. К настоящему времени на территории Финляндии известны более 40 золоторудных месторождений [2], в том числе: крупнейшее в Северной Европе месторождение Суурикуусикко и 9 средних по размерам месторождений (Пампало, Кюльмякангас, Пахтаваара, Сааттопора, Юомасуо, Лайвакангас, Кутимайярви, Хавери и Йокисиву). Остальные месторождения мелкие, с запасами от 0,1 до 1 т. Разрабатываются 6 месторождений – Суурикуусикко, Лайвакангас, Пахтаваара, Пампало, Кутимайярви и Йокисиву. Десять месторождений, в том числе два средних (Пампало и Кюльмякангас), находятся в лопийских зеленокаменных структурах (пояса Хатту и Ойярви), остальные – в протерозойских комплексах.

Продуктивная часть вулканогенно-осадочного пояса Хатту размещается в межкупольных структурах гранитоидного фундамента. Кроме месторождения Пампало она включает 5 мелких месторождений.

Рудные тела месторождения Пампало (7,38 т, 2,5 г/т) локализованы в пределах продольной субвертикальной шир-зоны вдоль контакта осадочных пород с коматиитами и представлены обогащёнными биотитом будинированными линзами с многочисленными сдвиговыми деформациями. До 90 % золота находится в свободном виде. Для этого же фрагмента пояса Хатту характерно присутствие син- или посторогенных гранитоидов санукитоидного типа. Радиометрический возраст минерализации 2708–2693 млн лет. Финские геологи относят месторождение к орогеническому мезотермальному типу.

В структуре Ойярви известно одно среднее по размеру месторождение – Кюльмякангас, с запасами 7,79 т при среднем содержании золота – 4,11 г/т, серебра – 31,1 г/т. Золоторудная минерализация локализуется в трубообразных субвертикальных телах кварц-полевошпатовых порфиров в толще коматиитов и толеитовых базальтов. Месторождение относится к эпитермальным золото-серебряным объектам кварцево-жильного типа.

Золоторудные месторождения Финляндии протерозойского возраста включают три основные группы месторождений, которые характеризуются контрастными структурно-вещественными обстановками нахождения и различными типами минерализации. Это месторождения структур Киттеля, Куусамо и Свекофенского орогенного комплекса в южной части Финляндии.

Все золоторудные месторождения структуры Киттеля относятся к орогеническому мезотер-

мальному типу свекофенского периода тектоно-метаморфических преобразований. По структурной позиции среди них выделяются две группы месторождений в зависимости от состава рудовмещающих толщ и их компетентности к тем или иным деформациям.

В верхней, слабодифференцированной и существенно базальтоидной части разреза структуры Киттели (верхний карелий) рудоконтролирующей является дискордантная субмеридиональная крутопадающая сдвиговая зона протяжённостью более 20 км. В её пределах на удалении 15 км друг от друга размещаются крупное, разрабатываемое в настоящее время месторождение Суурикуусикко и разведываемое месторождение Куотко (запасы 1,15 т, содержание золота – 2,88 т/т).

Месторождение Суурикуусикко по своим размерам отвечает месторождениям мирового класса. По данным компании «Anglo-Eagle Mining LTD», на 05.05.2018 г. запасы месторождения оцениваются в 260,91 т золота при средних содержаниях для открытой отработки 3,41–3,89 г/т, для подземной – 4,06–4,64 г/т [3, 8]. Месторождение локализовано на южном четырёхкилометровом отрезке сдвиговой зоны в зоне брекчирования и гидротермально-метасоматических преобразований (альбитизация, карбонатизация, графитизация, сульфидизация) вдоль контакта Fe- и Mg-толеитовых базальтов и включает ряд субвертикальных рудных тел. Прослеженная глубина распространения оруденения 1000 м, предполагаемая – до 2000 м. Рудные тела представлены минерализованными зонами пирит-арсенопиритового состава с преобладающим нахождением золота в сульфидах – в арсенопирите (до 71 %) и пирите (до 22 %). Финские геологи связывают формирование месторождения с заключительным этапом свекофенского орогена с отчётливыми структурными факторами контроля эпигенетической минерализации. Возраст оруденения – 1852–1890 млн лет.

Для другой группы золоторудных месторождений структуры Киттеля характерен стратиформный контроль в локализации оруденения. Они располагаются в нижней сланцево-коматиитовой толще (нижний карелий) разреза структуры, вдоль зоны контакта её с вышележащим вулканогенным базальтоидным комплексом. Рудная минерализация контролируется зонами продольных хрупких и пластических деформаций. Рудовмещающими чаще всего являются коматииты и их туфы, реже кварциты, филлиты и вулканогенные породы основного и среднего составов. Преобладает свободное золото в системах кварц-карбонатных, кварц-карбонат-баритовых и карбонат-баритовых жил. В такой позиции на сегодняшний день известно 6 месторождений, в том

числе два средних по размеру – разрабатываемое месторождение Пахтаваара (запасы 24,71 т, содержание золота 3,2 г/т) и отработанное месторождение Саатапора (запасы 9,38 т, содержание золота 4,13 г/т).

По всему разрезу структуры Киттеля характерно широкое развитие конформных зон углеродистых метасоматитов («mafic graphite tuff»), которые могут рассматриваться как вероятный рудомобилизующий фактор при формировании объектов орогенического типа.

Месторождения структуры Куусамо включают группу собственно золоторудных и золото-кобальтовых (иногда с ураном) объектов, которые контролируются зонами пликтивных и тектонических деформаций в верхней, существенно осадочной части разреза (нижний карелий) и предположительно относятся к объектам орогенического типа. Наиболее представительным из них является месторождение Юомасуо (10,86 т, 4,54 г/т). Все другие месторождения очень мелкие. На месторождении Юомасуо золоторудная минерализация размещается в антиклинальной структуре в альбитизированных, биотитизированных и сульфидизированных кварцитах в зоне контакта с долеритами. Самородное золото в основном связано с минералами висмута и теллура в виде включений в пирите, кобальтине и уранините. Возраст минерализации неизвестен.

Практически все собственно **золоторудные месторождения Свекофенского орогенного комплекса** пространственно-парагенетически связаны с малыми телами гранит- или диорит-порфиоров и относятся к порфировому, иногда эпитермальному типам. Эти массивы отчётливо тяготеют к многочисленным вулcano-плутоническим ассоциациям базальт-андезит-дацитового состава островодужного типа, которые, в свою очередь, размещаются как по периферии Центрально-Финлянского гранитоидного массива, так и в средней его части, образуя систему дугообразных поясов протяжённостью до 150–250 км.

К настоящему времени известно около 20 золоторудных месторождений этого типа, в том числе 3 средних по размеру разрабатываемых месторождения – Лайвакангас (22,37 т, 1,38 г/т), Йокисиву (8,77 т, 4,1 г/т) и Кутимайярви (23,9 т, 6,9 г/т). Месторождение Кутимайярви (Оривеси) значительно выработано в период с 1994 по 2003 г. Оставшиеся в недрах запасы оцениваются компанией Dragon Mining в 1,2 т при содержании золота 6,1 г/т. Во всех месторождениях преобладает кварцево-жильный и штокверковый характер минерализации с самородным золотом и турмалином в ассоциации с арсенопиритом, иногда присутствуют сульфидизированные трубообразные брекчии золото-пирит-арсенопиритового состава. Становление субвулканических интрузий

кислого состава относится к раннеорогеновой стадии, а формирование золоторудной минерализации эпитермального типа связывается с более поздними тектоно-метаморфическими процессами пикового этапа свекофенского орогена [11].

Таким образом, практически все золоторудные месторождения Финляндии протерозойского возраста обусловлены процессами свекофенской тектоно-магматической активизации (карелий поздний).

Краткий анализ поисковой изученности и золотоносности территории Карело-Кольского региона РФ (ККР). На территории ККР, в соответствии с официальными документами (ГКМ РФ, ГБЗ РФ и Сборник прогнозных ресурсов ТПИ РФ на 01.01.2016 г.), стоят на учёте: 5 месторождений (Лобаш-1, Новые Пески, Хюрсюльское, Пертинъярви и Майское) с суммарными балансовыми запасами золота по категориям C_1 – 0,97 т и C_2 – 40,5 т; 17 проявлений и рудных полей с суммарными прогнозными ресурсами золота по категориям P_1 – 32,3 т и P_2 – 96,9 т и 17 перспективных площадей с суммарными прогнозными ресурсами золота по кат. P_3 – 925 т.

Месторождение Лобаш-1 относится к золото-медно-порфировому типу, характеризуется бедными штокверковыми рудами со средними содержаниями золота 0,46 г/т, меди 0,178 %. По количеству запасов отвечает средним по размерам объектам (32 т), запасы попутной меди 120,1 тыс.т. Парагенетически связано с интрузивно-купольной структурой в верхне-лопийских метавулканитах, залегающих в основании Лехтинского протерозойского комплекса. Месторождения Новые Пески (5,1 т), Хюрсюльское (0,82 т) и Пертинъярви (4,431 т) представлены жильными и минерализованными зонами в сдвиговых зонах смятия в зеленокаменных породах поясов Хаутаварский и Пертинъярви-Хатту-Иломанси. Месторождение Майское (0,198 т) жильного типа контролируется двумя диагональными и субпараллельными зонами разломов в metabазальтах Куолаярвинского протерозойского комплекса. Практически все объекты учёта прогнозных ресурсов «привязаны» к лопийским зеленокаменным структурам.

Более-менее активные и координированные ЦНИГРИ поиски золота за счёт средств государственного бюджета проводились в период 1972–1992 гг. В дальнейшем они выполнялись эпизодически, по заявочному принципу, вплоть до 2015 г. В течение всего периода поисков чрезмерно большое внимание уделялось протерозойским структурам. Среди архейских зеленокаменных структур только лишь северо-западная часть Колмозеро-Воронинского ЗКП (350 км²) в Мурманской области может характеризоваться удовлетворительной опоскованностью, да и то с многочисленными «качественными издержками»

в период изучения (1976–1985 гг.). Многие объекты ГРП закрывались информационными отчётами по разным причинам.

Статистический анализ фондовых материалов показывает, что суммарные затраты государственных средств, понесённые в период 1972–2014 гг. на поиски золота в ККР и приведённые к уровню цен 2014 г., составили около 1,3–1,5 млрд руб. или 34 млн долл. (38 руб. по курсу 2014 г.). С учётом среднемировой удельной стоимости открываемых ресурсов (поиски и оценка) 1 грамма золота на неосвоенных территориях в 1,0 долл. США (ФГУП «ВСЕГЕИ», Шерстюк Н. Н., 2015 г.) эти затраты вполне эквивалентны локализованным прогнозным ресурсам категорий P_1 и P_2 .

Наряду с этим за период с 1993 г. при весьма значительных суммарных объёмах инвестиций (более 6 млрд руб. по завершённым лицензиям и свободном доступе к информации) частными компаниями открыто и оценено всего два мелких золоторудных месторождения – Новые Пески и Хюрсюльское (ООО «Онего-Золото», 2012) и выполнена оценка открытой ранее Карельской ГЭ (Пироженко Г. Н., 1985; Тытык В. М., 1998) проявления Лобаш-1, что позволило перевести его в ранг средних по размеру месторождений с бедными рудами (ЗАО «Промнедра Регионы», 2010). В приведённых выше оценках не учитываются конфиденциальные сведения о понесённых затратах ЗАО «Аврора менеджмент» на объекте «Пертиньярви», завершённом в 2018 г.

Причины низкой эффективности работ частных компаний могут быть разные. Не исключаются и ошибки прогнозирования при выборе объектов лицензирования.

По мнению автора, учитывая геологическую позицию зарубежных месторождений золота протерозойского возраста в пределах других докембрийских щитов и на территории Финляндии, *все протерозойские комплексы ККР* малоперспективны для локализации средних и крупных по масштабам золоторудных месторождений, за исключением Панареченской вулcano-тектонической и Южно-Печенгской протерифтогенной структур на Кольском полуострове, формирование которых связывается с позднекарельским (свекофенским) этапом тектоно-магматической активизации.

Панареченская ВТС представляет собой автономную вулcano-тектоническую структуру (18×6 км) островодужного типа в составе протерозойского комплекса Имандра-Варзуга. Вулканическая постройка типа кальдеры выполнена средне-кислыми эффузивами и туфами (рис. 1). Вдоль её северного контакта размещаются интрузии гранит-монцитонитового комплекса. Широко развиты субкольцевые (или дугооб-

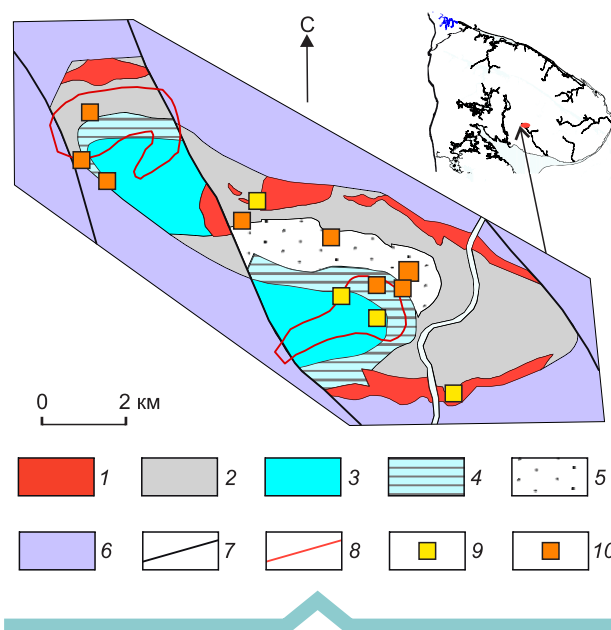


Рис. 1. Панареченская ВТС (карелий верхний–калевий):

1 – гранит-монцитонитовые комплексы; 2 – туфогенно-терригенные образования с горизонтами углеродистых и сульфидно-углеродистых сланцев; 3 – метадациты и метариолиты; 4 – метадациты и метариолиты с горизонтами углеродистых и сульфидно-углеродистых сланцев; 5 – метабазалты и метаандезибазалты; 6 – метаандезибазалты с подчинёнными магнезиальными метабазалтами комплекса Имандра-Варзуга (карелий верхний–людиковый); 7 – тектонические нарушения; 8 – площади развития контрастных вторичных ореолов рассеяния золота и серебра; пункты минерализации: 9 – серебра, 10 – золота

разные) и радиальные (закальдерные) разломы, контролирующие положение рудовмещающих метасоматитов.

По результатам поисково-картировочных работ (ОАО «Центрально-Кольская экспедиция», Лобанов В. В., 1999), присутствие золоторудной минерализации установлено в кварцевых жилах и в приразломных сульфидизированных метасоматитах серицит-карбонат-альбит-кварцевого состава. Локальные концентрации золота составили от 1,0 до 4 г/т, серебра – до 40 г/т. Авторские прогнозные ресурсы золота до глубины 300 м по категориям P_2 – 17 т, P_3 – 73 т.

Преждевременное завершение работ в связи с общим сокращением финансирования не позволило установить природу высококонтрастных вторичных ореолов и надёжно геометризовать рудоперспективные объекты.

Одновозрастные формационные аналоги в геологической литературе не встречаются.

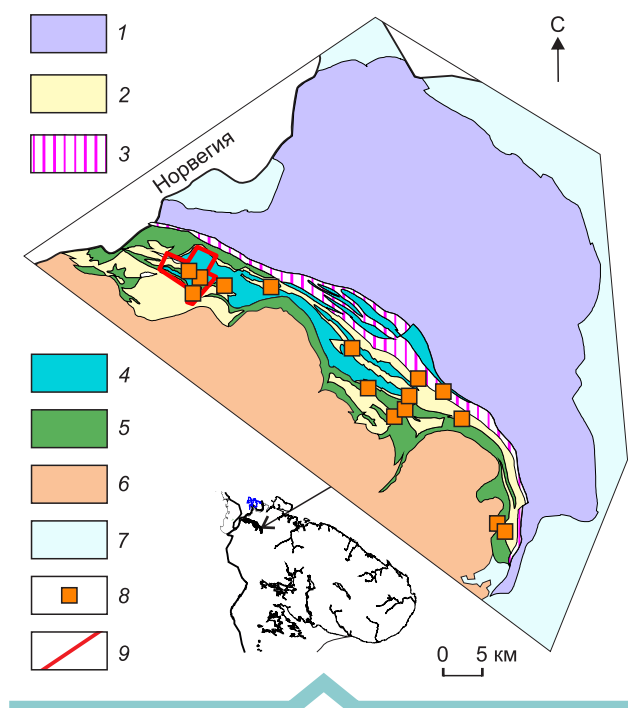


Рис. 2. Южно-Печенгская структура:

Печенгская структура (карелий нижний–верхний): 1 – собственно базальтоидный комплекс; Южно-Печенгская структура (карелий верхний–калевий): 2 – терригенно-(туфогенно)-осадочный комплекс, 3 – прибортовая зона бластомилонитов; 4 – андезито-дацитовый комплекс; 5 – базальт-андезитовый, частью высокомагнезиальный, комплекс; фундамент: 6 – гранит-мигматитовый комплекс (неоархей); 7 – мигматит-трондьемит-тоналитовый комплекс (мезоархей); 8 – пункты минерализации золота; 9 – поисковые работы на золото, завершённые СП «Минерал» в 2012 г.

Вероятные структурно-формационные аналоги:

- месторождения Крипл-Крик (600 т золота) и Силвертон-Теллурид (245 т) в США, связанные с внутриконтинентальными вулcano-тектоническими постройками соответственно палеоген-неогенового и мезозойского этапов активизации;

- месторождение Покровское (60 т золота и 94 т серебра) в Амурской области, связанное с вулcano-тектонической постройкой мезозойского возраста.

По своим размерам Панареченская ВТС (18×6 км) в 5 раз больше кальдеры Крипл-Крик (4×6 км) и в 10 раз меньше кальдеры Сильвертон (30×40 км). Площадь наиболее крупного штокверкообразного тела рудного поля Крипл-Крик (Крессонов раздув) в плане составляет около 150×250 м. Для рудных тел этого месторождения характерна их большая протяжённость на глубину, чем по простиранию. В пределах рудного поля Сильвертон-Теллурид наиболее крупные рудные тела (месторождения) расположены в закальдерных разрывах.

Южно-Печенгская структура характеризуется изоклинально-складчатым строением с примерно равным участием в разрезе туфогенно-осадочной, базальт-андезитовой и андезито-дацитовый толщ. Северная, приграничная её часть с Печенгской вулканогенной структурой представлена мощной толщей диафорированных и графитизированных бластомилонитов с серией кулисовидно расположенных субвулканических тел андезитовых и андезидацитовых плагиопорфиров протяжённостью до 8–10 км (Порыташский субвулканический комплекс).

По геологической модели ГИ КНЦ РАН [5] все стратифицированные вулканогенные образования Южно-Печенгской структуры укладываются в ряд автономных вулканических построек (палеовулканов) базит-гипербазитового (пикритового и пикробазальтового состава) и андезито-дацитового составов с характерными наборами лавовых и пирокластических фаций, что типично для вулканизма орогенных поясов.

Поисковые работы на золото в масштабе 1:50 000–1:25 000 с незначительными объёмами детализационных работ выполнялись в 2000–2005 гг. (за счёт средств федерального бюджета и ОАО «Кольская ГМК») и характеризуются явной незавершённостью. По их результатам (ОАО «Центрально-Кольская экспедиция», Вороняева Л. В., 2004, 2005) установлены около 20 пунктов золоторудной минерализации с содержаниями до 7,5 г/т, связанных с процессами жильно-прожилкового и метаморфогенно-метасоматического окварцевания в различных по составу вулканогенных и осадочно-туфогенных породах. Детализационные поисковые работы, выполненные позднее на одном из участков концентрации пунктов минерализации в западной части Южно-Печенгской структуры (СП «Минерал», Упырин А. Е., 2012), показали рассеянный характер золоторудной минерализации с локальными концентрациями до 2,78 и 1,81 г/т. По-видимому, это связано с неблагоприятной геологической позицией выбранного участка работ, который охватывает зону контакта толщ основных и кисло-средних метавулканитов (рис. 2).

По мнению автора, с учётом геологических особенностей Южно-Печенгской структуры здесь возможно предположить присутствие золотосодержащих колчеданных или колчеданно-полиметаллических объектов как эпитермального типа в связи с вулканическими постройками кисло-среднего состава, так и типа VMS. Основанием для этого является достаточно широкое развитие вторичных геохимических ореолов Au, Ag, As и Cu и нередкое определение в различных породах аномальных концентраций таких элементов-индикаторов, как As, Sb, Bi, Ag, Te, Se, Pb, Zn, W и Mo.

В качестве наиболее благоприятных обстановок для локализации золоторудных объектов в Южно-Печенгской структуре предлагается рассматривать зоны контактов туфогенно-осадочных пород с субвулканическими телами и толщами андезит-дацитового состава. К первоочередным объектам прогнозирования следовало бы отнести северную приграничную часть структуры, которая характеризуется мощной зоной продольных деформаций, диафтореза и графитизации и сопровождается контрастными аэроэлектроразведочными аномалиями.

На территории ФШ к объектам эпitherмального типа относятся месторождения Энасен (добыто 20 т золота) на территории Швеции, Кутемаярви (добыто 15 т золота) и ряд мелких месторождений в пределах свекофенского орогенного комплекса в южной части Финляндии, а к объектам VMS типа – месторождения района Шеллефте в Швеции (Болиден, добыто более 128 т золота), месторождение Оуткумпу в Финляндии (добыто 28 т золота) и некоторые другие.

В пространственно-парагенетической связи с лопийскими ЗКС на территории ККР известны 2 группы золоторудных объектов – это объекты орогенического типа в вулканогенных (базальтоидных) и в туфогенно-терригенной толщах и позднеорогенные объекты порфирирового типа.

Объекты орогенического типа в базальтоидных толщах присутствуют в отдельных структурах в составе Кольской ГЗО (проявления Оленинское и Няльм-2 в северо-западной части Колмозеро-Воронинского ЗКП) и в составе Карельской ГЗО (месторождения Новые Пески и Хюрсюльское в Хаутаварской ЗКС, месторождение Пертинъярви в южной части пояса Пертинъярви-Хатту-Иломанси). Несмотря на значительную пространственную разобщённость, все они характеризуются близкими особенностями по структурному контролю, внутреннему строению и качественным параметрам.

Объекты размещаются в пределах разблокированных фрагментов крутопадающих продольных или кососекущих сдвиговых зон, в пределах которых рудные тела залегают кулисообразно как в плане, так и по падению, локализуясь на участках с различной степенью гидротермально-метасоматической проработки пород. Рудные тела представлены линзами, иногда линейными штокверками (Новые Пески), относятся к пирротин-арсенопиритовому (Оленинское, Новые Пески) или пирротин-халькопиритовому (Хюрсюльское) минеральным типам золото-сульфидной и золото-кварц-сульфидной формаций с признаками многоактной минерализации. Количество сульфидов от 1–5 до 25–30 %. Границы рудных тел определяются опробованием, кор-

реляция рудных пересечений часто неоднозначная и многовариантная. Мощности рудных тел редко превышают 5–6 м (для штокверка 20–70 м), протяжённость по простиранию от первых десятков метров до 450–500 м, вскрытая бурением протяжённость по падению более 200 м, средние содержания золота от 2,7 до 20,1 г/т.

По структурной позиции и своим качественным параметрам золоторудные объекты в базальтоидных толщах ККР наиболее близки месторождению Колар пояса Колар-Рамагири-Хатти-Маски в восточной части Дарварской провинции на Индостанском щите. Для этого месторождения характерна приуроченность рудных тел к сдвиговым зонам значительной протяжённости (до 8–12 км), прерывистость рудных тел по простиранию с наиболее частой их протяжённостью от 20 до 200 м, простой вещественный состав руд с содержанием сульфидов до 1 %, (редко до 10 %) и с преобладанием пирротина, столбообразный характер рудных тел с разнообразным склонением, средние содержания золота в рудных телах от 4–5 до 10–15 г/т и большой вертикальный размах оруденения [4]. Разработка месторождения Колар прекращена на глубинах свыше 3500 м, добыто более 850 т золота.

Золоторудные месторождения в базальтоидных толщах играют ведущую роль в составе самых продуктивных зеленокаменных поясов мира – суперпояса Киватин и Абитиби на Канадском щите, Уилуна-Норсмен в Западной Австралии [4]. Размерность месторождений определяется масштабностью рудоформирующих тектонических зон, глубиной их заложения, длительностью и многоактностью развития. В качестве вероятных источников рудоносных флюидов рассматриваются не только метаморфогенные процессы, но и гранитоиды в близкой пространственной ассоциации с золотоносными сланцевыми поясами [1]. Месторождения локализуются в зонах влияния как региональных, так и сопряжённых с ними локальных разломов.

К категории наиболее перспективных структур на выявление золоторудных месторождений в базальтоидных толщах ККР следовало бы отнести северо-западную часть Колмозеро-Воронинского ЗКП в Кольской ГЗО и Тикшеозерский ЗКП в восточной части Карельской ГЗО. Последний характеризуется двухъярусным строением с присутствием в нижней части разреза среднелопийской коматиит-базальтовой толщи, которая трансгрессивно и с перерывом перекрывается верхнелопийской вулканогенной бимодальной толщей (базальты, андезибазальты и кислые эффузивы).

Объекты орогенического типа в существенно туфогенно-терригенной по составу толще

установлены в 2014 г. (ОАО «Центрально-Кольская экспедиция», Казанов О. В., 2014) в Терском ЗКП Кольской ГЗО (Сергозерско-Стрельнинская площадь). В составе рудовмещающей толщи подчинённым развитием пользуются амфиболиты. Часть из них по химическому составу принадлежит к коматиитам и коматиитовым базальтам. Золоторудная минерализация золото-кварц-(карбонат)-сульфидного типа присутствует вдоль тектонизированного контакта толщи метавулканитов с метаосадками, где вскрыты минерализованные зоны мощностью до 3 м с содержаниями золота до 5,7 г/т. Широко развиты в разрезах графитовые и графитсодержащие метасоматиты. Возраст околорудных изменений по наложенным минералам биотит-кальцитовых метасоматитов Rb-Sr методом определяется как позднекарельский [8].

Несмотря на различие возрастов рудовмещающих сред (на современном уровне знаний), геологическая позиция объектов Сергозерско-Стрельнинской площади близка таковой для золоторудных месторождений нижней части разреза протерозойского комплекса Киттеля на территории Финляндии (Пахтаваара – 25,71 т, 3,2 г/т; Саатопора – 9,38 т, 4,13 г/т). Правомочность такой аналогии позволяет предположить возможность локализации золоторудных объектов типа финского Суурикуусикко (260,91 т) в контактирующем с севера существенно вулканогенном по составу (базальтоиды, частью высокомагнетизальные с горизонтами трахибазальтов) протерозойском (нижнекарельском) комплексе Имандра-Варзуга в пределах диагональных зон разломов северо-западного направления (рис. 3).

Позднеорогенные объекты порфиорового типа (интрузивно связанные). Практически все другие известные на сегодняшний день месторождения и проявления золота ККР обнаруживают пространственно-парагенетическую связь с позднелопийскими гранитами и гранит-порфирами. К этому формационному типу относятся не только собственно золоторудные объекты (проявления Няльм-1 в Колмозеро-Воронинском ЗКП, Таловейс в Костомукшском ЗКП), но и крупное молибден-порфиоровое месторождение Лобаш и соседствующее с ним среднее по размеру золото-медно-порфиоровое месторождение Лобаш-1, расположенные в «эрозионном окне» Лехтинского протерозойского комплекса, а также крупное молибден-медно-порфиоровое проявление Пеллапахк (отношение Cu/Mo = 1:4) с сопутствующими золотом и серебром в Колмозеро-Воронинском ЗКП (ОАО «Центрально-Кольская экспедиция», Безруков В. И., 1985).

На других докембрийских щитах крупные экономически значимые месторождения молибдена архейского возраста неизвестны.

С учётом характерной для продуктивных порфиоровых рудно-магматических систем вертикальной зональности можно предположить, что на территории ККР собственно золоторудные объекты размещаются в верхних её частях, а на более глубоких уровнях присутствуют объекты молибден-порфиоровых руд и золотосодержащие объекты промежуточных минеральных типов.

Наиболее показательным примером продуктивных порфиоровых систем является северо-западная часть Колмозеро-Воронинского ЗКП (Кольская ГЗО), где в пределах компактного рудного узла в надпикальной части крупного массива присутствует молибден-медно-порфиоровое проявление Пеллапахк, а в каждом из мелких массивов его сателлитов (штоки и дайки) порфиорового типа установлены признаки золотоносности, в том числе проявление Няльм-1 (рис. 4). В любом из таких мелких массивов может «скрываться» объект типа Сигма-Ламак в поясе Абитибии на Канадском щите (> 255 т золота до глубины более 1000 м при среднем его содержании 5,5 г/т) [4]. Для правильной оценки объектов этого типа необходим значительный объём буровых работ с целью определения системы рудоносных разрывов и этажности в размещении оруденения. По мнению автора, к наиболее перспективным структурам на выявление золоторудных объектов порфиорового типа следует отнести Тикшеозерский ЗКП и восточные фрагменты Пелбозерского ЗКП в Карельской ГЗО.

Обобщение и анализ собранных материалов позволяют отметить следующие особенности металлогении восточной части ФЩ (на территории Финляндии и РФ):

- геологическая позиция крупного финского месторождения Суурикуусикко в базальтоидной части разреза протерозойского комплекса Киттеля нехарактерна для крупных золоторудных месторождений протерозойского возраста на других докембрийских щитах;

- в отличие от других докембрийских щитов (Канадский, Африкано-Аравийский, Индостанский, Бразильский и др. более мелкие) ФЩ не затронут процессами мезо-кайнозойской активизации, но характеризуется присутствием типоморфных для этих металлогенических эпох и генетически родственных им объектов докембрийского возраста – позднелопийских объектов порфиорового типа: месторождения Лобаш (Mo), Лобаш-1 (Au, Cu) и проявление Пеллапахк (Cu, Mo, Au, Ag) и протерозойского эпitherмального золото-серебряного объекта (Панареченская ВТС).

Прогнозирование золоторудных месторождений на территории восточной (русской) части ФЩ (ККР) выполнено по материалам созданной автором цифровой модели (ЦМ) специализированной

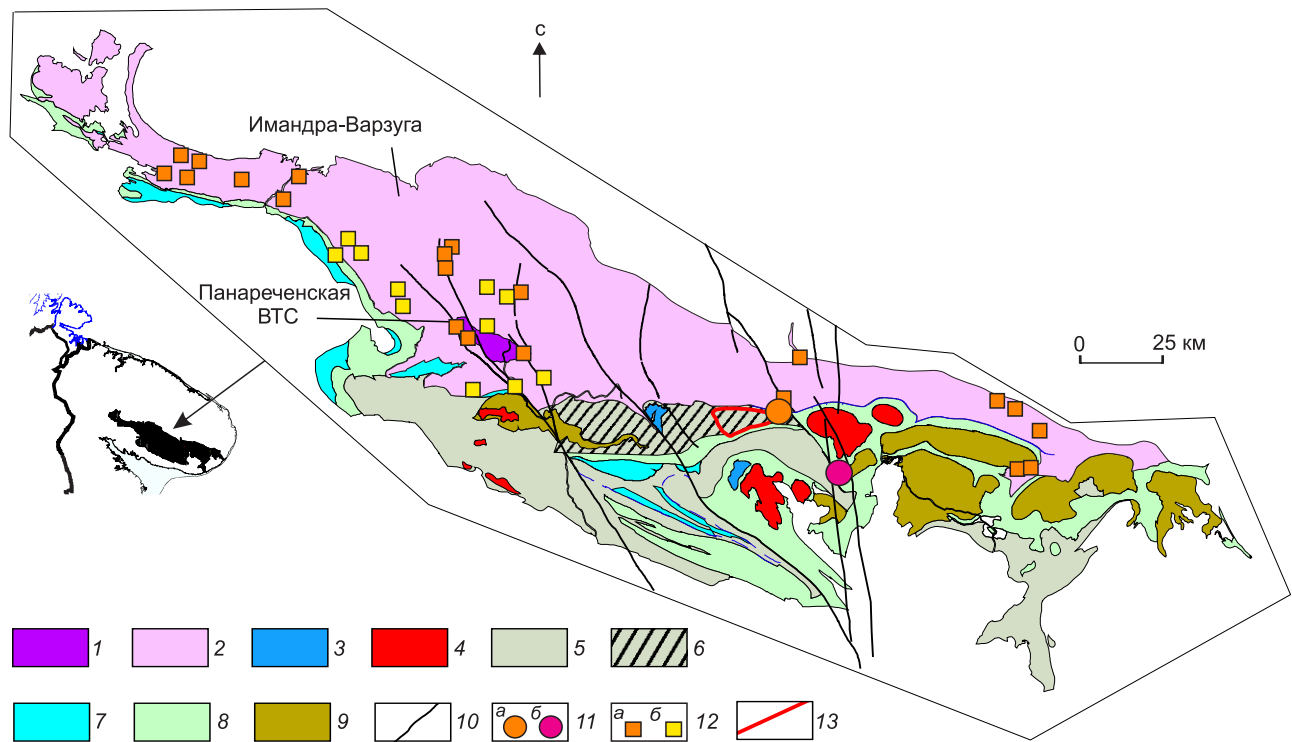


Рис. 3. Потенциально рудоносные структурно-вещественные комплексы в юго-восточной части Кольской ГЗО:

1 – Панареченская ВТС (карелий верхний); 2 – Имандра-Варзугский, существенно базальтоидный комплекс (карелий нижний); Терский ЗКП (лопий верхний): гранитоиды: 3 – посторогенные (карелий поздний), 4 – позднеорогенные; 5 – туфогенно-осадочный комплекс; 6 – туфогенно-осадочный комплекс с горизонтами коматиитов; вулканогенный комплекс: 7 – дацит-риолитовый, 8 – базальт-андезитовый; 9 – выступы фундамента (мигматит-граниты); 10 – тектонические нарушения; 11 – проявления: а – золота, б – молибдена; 12 – пункты минерализации: а – золота, б – серебра; 13 – Сергозерско-Стрельнинское прогнозируемое рудное поле

на золото прогнозно-металлогенической карты (ПМК) с учётом геологических и металлогенических особенностей территории и состояния её поисковой изученности. ЦМ ПМК включает структурно-формационную геологическую основу, составленную по апробированным НРС Роснедр цифровым материалам ГК-1000/3 и ГК-200 второго поколения, и знаковую базу данных (более 3 тыс. объектов). Структурированные атрибутивные признаки объектов ЦМ ПМК позволяют оперативно анализировать различные сочетания благоприятных факторов и признаков рудоносности.

Предварительные результаты прогнозирования.

На основании проведённого анализа в восточной (русской) части ФЦ (ККР) возможно прогнозирование рудных узлов, перспективных на выявление месторождений золота различных формационных и геолого-промышленных типов:

1. Среди лопийских зеленокаменных структур в качестве приоритетных на выявление типичных для докембрия орогенических золото-кварцевых и

золото-сульфидно-кварцевых месторождений рассматриваются Колмозеро-Воронинский ЗКП в Кольской ГЗО и Тикшеозерский ЗКП в восточной части Карельской ГЗО, которые характеризуются двухъярусным строением, бимодальным характером вулканогенных толщ и присутствием коматиитов; Кейвский ЗКП и Карекатундровская ЗКС в Кольской ГЗО с существенно андезит-дацит-риолитовым вулканогенным разрезом и Терский ЗКП в Кольской ГЗО с коматиитсодержащим туфогенно-осадочным разрезом.

Несомненный поисковый интерес вызывает крестообразное сопряжение верхнелопийских зеленокаменных структур Тулпио (базальтоидный комплекс) и Тунтса-Гирвасская (андезито-дацитовый комплекс) в западной приграничной части Кольской ГЗО, которые впервые выделены в 2007 г. (ОАО «КГИЛЦ», Ремизова А. М., 2007).

2. Позднелопийские интрузивно-связанные синили позднеорогенные золоторудные (или золото-содержащие) месторождения порфирирового типа

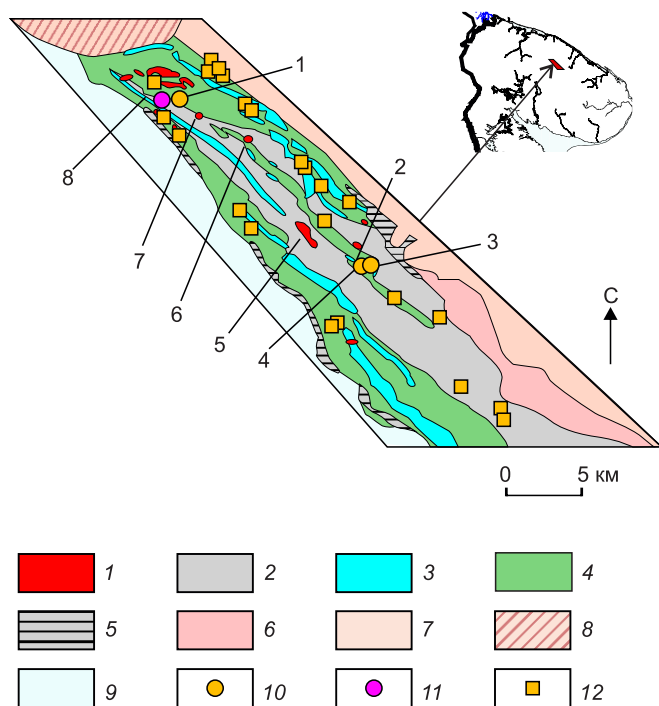


Рис. 4. Колмозеро-Воронинский фрагмент Титовско-Северо-Кейвского ЗКП в пределах Кольской ГЗО:

лопий средний–поздний: 1 – малые тела и дайки рудоносных позднеорогенных гранит-порфиров; комплекс: 2 – терригенно- (туфогенно)-осадочный, 3 – андезит-дацит-риолитовый, 4 – коматиит-базальтовый, 5 – вулканогенно-осадочный (джаспериодный); 6 – гранитоиды раннеорогенные; блоки фундамента: 7 – Мурманский, 8 – Титовско-Северо-Кейвская межблоковая шовная зона тектонического скучивания, 9 – Кольский; проявления: 10 – золота, 11 – молибдена, меди (золото, серебро); 12 – пункты минерализации золота; 1 – Оленинское (Au), 2 – Няльм-1(Au), 3 – Няльм-2 (Au), 4–7 – золоторудная минерализация в штоках и дайках гранит-порфиров, 8 – Пеллапахк (Mo, Cu, Au, Ag) – в наднапикальной части массива гранит-порфиров

прогнозируются в пределах Титовско-Северо-Кейвского ГЗП в Кольской ГЗО; в Тикшеозерском и Пеллапахкском ЗКП в составе Карельской ГЗО.

3. Среди протерозойских структур положительно оцениваются перспективы только лишь позднекарельских Панареченской ВТС и Южно-Печенгской структуры, где прогнозируется присутствие объектов эпитептермального типа и типа VMS. Учитывая подобие геолого-структурных обстановок, объекты типа финского Суурикуусокко (260, 91 т) могут прогнозироваться в пределах существенно вулканогенного по составу (базальтоиды, частью высокомагнезиальные и щелочные) комплекса Имандра-Варзуга

в зонах влияния диагональных зон разломов северо-западного направления.

Учитывая фрагментарную и недостаточную поисковую изученность лопийских зеленокаменных структур и «гранит-зеленокаменных ассоциаций» ККР (22 структуры общей площадью более 51 тыс. км²), а также явную недоизученность рудоперспективных протерозойских (верхнекарельских) комплексов, обозначать размерность прогнозируемых объектов преждевременно. Однако вероятность нахождения средних и крупных по размеру золоторудных месторождений исключать нельзя. Отсутствие же на сегодняшний день экономически значимых месторождений золота такого ранга нецелесообразно увязывать с какими-либо неблагоприятными особенностями геологического строения территории, а следует рассматривать как результат завершённого, кратковременного и, по сути, «юниорского» этапа поисков золота в ККР.

Представленные выше предварительные выводы позволяют разработать комплекс мероприятий (рекомендаций) по реализации золоторудного потенциала ККР.

Автор выражает глубокую признательность старшему научному сотруднику Геологического института КНЦ РАН кандидату геолого-минералогических наук А.А. Калинину за советы и рекомендации при работе над этой статьёй.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бхаттачарья С., Паниграхи М. К. Гетерогенность флюидных характеристик в районе Рамагири-Пенакчерла восточной части кратона Дарвар: связь с золоторудной минерализацией (Department of Geology & Geophysics, Indian Institute of Technology, Kharagpur, India 721302) // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52, № 11. – С. 1821–1834.
2. Геологическая служба Финляндии. URL: <https://www.gtk.fi> (дата обращения: 11.06.2020).
3. Константинов М. М., Шаров Г. Н. Геологическое строение и поисковые признаки месторождений золота в основных геотектонических обстановках. Атлас. Книга 1. – Москва–Кеммерово: Издание ООО Геокон, 2002. – 264 с.
4. Некрасов Е. М. Зарубежные эндогенные месторождения золота. – М.: Недра, 1988.
5. Скуфьин П. К., Елизаров Д. В., Жавков В. А. Особенности геологии и геохимии вулканитов Южнопеченгской структурно-формационной зоны // Вестник МГТУ. – 2009. – Т. 12, № 3. – С. 416–435.
6. Шер С. Д. Металлогения золота (Евразия, Африка, Южная Америка). – М.: Недра, 1974.

7. Шер С. Д. Металлогения золота (Северная Америка, Австралия, Океания). – М.: Недра, 1972.
8. Groves D. I., Goldfarb R. J., Gebre-Mariam M. et al. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types // *Ore Geology Reviews*. – 1998. – V. 13. – P. 7–27.
9. Groves D. I., Goldfarb R. J., Robert F., Hart C. J. R. Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance // *Economic Geology*. – 2003. – V. 98. – P. 1–29.
10. Kalinin A. A., Kazanov O. V., Bezrukov V. I., Prokofiev V. Y. Gold Prospects in the Western Segment of the Russian Arctic: Regional Metallogeny and Distribution of Mineralization // *Minerals*. – 2019. – V. 9, № 3. – P. 137.
11. Talikka M. Tectonic evolution of the Paleoproterozoic Tampere Belt during the Svecofennian orogeny, with reference to hydrothermal alteration at Kutemajärvi / In: Kojonen, K. et al. (eds.) // *Au-Ag telluride-selenide deposits*. Geological Survey of Finland, Guide 53, 71–77. – 2007.
12. Zaw K., Huston D. L., Large R. R. et al. Microthermometry and geochemistry of fluid inclusions from the Tennant Creek gold-copper deposits: Implications for ore deposition and exploration // *Mineralium Deposita*. – 1994. – V. 29. – P. 288–300.
3. Konstantinov M. M., Sharov G. N. Geologicheskoye stroeniye i poiskovyye priznaki mestorozhdeniy zolota v osnovnykh geotektonicheskikh obstanovkakh [Geological structure and prospecting signs of gold deposits in the main geotectonic settings], Atlas, Kniga 1, Moskva–Kemerovo, OOO Geokon publ., 2002, 264 p. (In Russ.).
4. Nekrasov Ye. M. Zarubezhnyye endogennyye mestorozhdeniya zolota [Foreign endogenous gold deposits], Moscow, Nedra publ., 1988. (In Russ.).
5. Skufin P. K., Yelizarov D. V., Zhavkov V. A. Osobennosti geologii i geokhimii vulkanitov Yuzhnopechenskoy strukturno-formatsionnoy zony [Peculiarities of geology and geochemistry of volcanic rocks of the South Pechenga structural-formation zone], *Vestnik MGTU*, 2009, V. 12, No. 3, P. 416–435. (In Russ.).
6. Sher S. D. Metallogeniya zolota (Yevraziya, Afrika, Yuzhnaya Amerika) [Metallogeny of gold (Eurasia, Africa, South America)], Moscow, Nedra publ., 1974. (In Russ.).
7. Sher S. D. Metallogeniya zolota (Severnaya Amerika, Avstraliya, Okeaniya) [Metallogeny of gold (North America, Australia, Oceania)], Moscow, Nedra publ., 1972. (In Russ.).
8. Groves D. I., Goldfarb R. J., Gebre-Mariam M. et al. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews*, 1998, V. 13, P. 7–27.
9. Groves D. I., Goldfarb R. J., Robert F., Hart C. J. R. Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance. *Economic Geology*, 2003, V. 98, P. 1–29.

REFERENCES

1. Bkhattacharaya S., Panigrayi M. K. Geterogenost' flyuidnykh kharakteristik v rayone Ramagiri-Penakacherla vostochnoy chasti kratona Darvar: svyaz' s zoloto-rudnoy mineralizatsiyey (Department of Geology & Geophysics, Indian Institute of Technology, Kharagpur, India 721302) [Heterogeneity of fluid characteristics in the Ramagiri-Penakacherla region of the eastern Darwar craton: relationship with gold mineralization (Department of Geology & Geophysics, Indian Institute of Technology, Kharagpur, India 721302)], *Geologiya i geofizika*, 2011, T. 52, No. 11, S. 1821–1834. (In Russ.).
2. Geological Survey of Finland, available at: <https://www.gtk.fi> (11.06.2020).
10. Kalinin A. A., Kazanov O. V., Bezrukov V. I., Prokofiev V. Y. Gold Prospects in the Western Segment of the Russian Arctic: Regional Metallogeny and Distribution of Mineralization. *Minerals*. 2019, V. 9, No. 3, P. 137.
11. Talikka M. Tectonic evolution of the Paleoproterozoic Tampere Belt during the Svecofennian orogeny, with reference to hydrothermal alteration at Kutemajärvi / In: Kojonen, K. et al. (eds.) *Au-Ag telluride-selenide deposits*, Geological Survey of Finland, Guide 53, 71–77, 2007.
12. Zaw K., Huston D. L., Large R. R. et al. Microthermometry and geochemistry of fluid inclusions from the Tennant Creek gold-copper deposits: Implications for ore deposition and exploration. *Mineralium Deposita*. 1994, V. 29, P. 288–300.