

Особенности металлогении протерозойских интракратонных бассейнов Фенноскандинавского и Канадского щитов

Специфический тип тектонических структур палеопротерозоя – интракратонные бассейны, которые глобально выражены в истории развития Земли. Они также являются важными рифтогенными рудоносными структурами. В работе приведена попытка коррелировать развитие интракратонных рифтогенных бассейнов Карельской провинции Фенноскандинавского щита (Онежского и Куолаярвинского) с аналогичными структурами (Волластон, Хурвиц и Амер) провинции Черчилл Канадского щита на период 2,3–1,9 млрд лет. Для этого времени, особенно этапа 2,1–2,0 млрд лет, отмечается хорошая корреляция по черносланцевым толщам с содержанием $C_{орг}$ от 2–5 до 10 %, а в Онежском бассейне вплоть до образования месторождений шунгита. Хотя корреляция этих палеопротерозойских отложений по литологическим особенностям и возрасту вполне возможна, в металлогеническом отношении они различны. Это связано с большей степенью проявления мафит-ультрамафитового магматизма в интракратонных структурах Фенноскандинавского щита с сульфидной, платинометалльной и титан-ванадиевой минерализацией по сравнению с подобными структурами Канадского щита, где золоторудная и урановая минерализация типичны.

Ключевые слова: корреляция, интракратонные бассейны, палеопротерозойские отложения, минерализация, Фенноскандинавский и Канадский щиты.

S. I. TURCHENKO, T. L. TURCHENKO (IPGG RAS)

Features of metallogeny of Proterozoic intracratonic basins in the Fennoscandian and Canadian Shields

Intracratonic basins, which were widespread throughout the world in the history of the Earth's evolution, are a specific type of tectonic structures in the Paleoproterozoic. They are also important rifting ore-bearing structures. The paper presents an attempt to correlate the evolution of intracratonic rifting basins in the Karelian Province, the Fennoscandian Shield (Onega and Kuolajarvi), with similar structures (Wollaston, Hurwitz, and Amer) in the Churchill Province, the Canadian Shield, for a period of 2.3 to 1.9 Ga. This period, particularly 2.1 to 2.0 Ga, is characterized by good correlation for black shale strata with C_{org} ranging from 2–5 to 10 %, and in the Onega basin, up to the formation of shungite deposits. Although the correlation of these Paleoproterozoic deposits in terms of lithological features and age is quite possible, metallogenically, they are different. This is due to the greater degree of mafite-ultramafite magmatism in the intracratonic structures of the Fennoscandian Shield with sulfide, PGE, and Ti-V mineralization, as compared to similar structures of the Canadian Shield, where Au-U mineralization is typical.

Keywords: correlation, intracratonic basins, Paleoproterozoic deposits, mineralization, Fennoscandian and Canadian Shields.

Для цитирования: Турченко С. И., Турченко Т. Л. Особенности металлогении протерозойских интракратонных бассейнов Фенноскандинавского и Канадского щитов // Региональная геология и металлогения. – 2021. – № 85. – С. 50–57.

Введение. Кратонизация континентальной коры архея на его конечном этапе создала стабильные континентальные плиты, которые в раннем протерозое были подвержены интенсивному растяжению благодаря преимущественно мантийному диапиризму и подъему астеносферных потоков, определивших формирование разнообразных тектонических режимов протерозойской коры.

Некоторые из этих режимов растяжения привели к образованию энсиалических интракратонных бассейнов, в то время как другие, имеющие линейные черты, выразились в формировании континентальных рифтов. Специфические

рудоносные тектонические структуры раннего протерозоя (на этапе 2,3–1,8 млрд лет), рассматриваемые в настоящей статье, представляют собой рифтогенные ареальные тектонические структуры, которые характеризуются достаточно хорошо выраженным магматизмом. Они могут быть отнесены к типу интракратонных бассейнов, завершающих развитие линейных внутриконтинентальных палеорифтовых поясов. Другой тип бассейновых структур является амагматичным и принадлежит режиму окраинно-континентальных бассейнов или пассивных континентальных окраин. Этим свойством такой тип структур приближается к позднедокембрийским

чехлам плит, характеризующих древние платформы, и в работе не рассматривается.

Интракратонные бассейны палеопротерозоя архейских провинций Фенноскандинавского и Канадского щитов и их металлогения. На Фенноскандинавском щите линейные рифтовые структуры ранней стадии протерозойского рифтогенеза, датируемые возрастным интервалом 2,45–2,35 млрд лет, маркируются расслоенными интрузиями и трогами, выполненными сумийско-сариолийскими осадочно-вулканогенными отложениями. Они наметили направления заложения и развития следующего зрелого этапа формирования рифтовых структур – их дальнейшего раскрытия и заполнения бассейнов ятулийско-людииковскими вещественными комплексами возрастного интервала 2,3–1,85 млрд лет. Ятулийскому возрастному этапу (2,3–2,0 млрд лет), с которым связаны излияния внутриплитных базальтов и отложение ортокварцитов и доломитов, отвечало формирование интракратонных бассейнов рифтогенной природы (Онежская, Шомбозерская, Лехтинская, Куолярвинская структуры в Карелии и Куусамо, Перапохья в Финляндии). Ятулийские отложения локализованы в пределах узких трогов и наложенных конседиментационных мульд. В процессе свекофеннского тектогенеза (1,93–1,85 млрд лет) вулканогенные и осадочные отложения в этих структурах были смяты в открытые брахисинклинали и узкие линейные антиклинали, сопровождаемые разрывными нарушениями. Одновременно вещественные комплексы подвергались рассланцеванию и метаморфизму зеленосланцевой фации.

Металлогеническая специализация этого этапа в рифтогенных интракратонных бассейнах выражена медноколчеданным (Шуезерское, Ушаковское рудопроявления) и медно-кобальтовым (Кузоранда) оруденениями, а также рудопроявлениями медистых песчаников (Воронов Бор, Маймъярви) и гематитовых кварцитов [4]. Медноколчеданное оруденение большей частью выражено сингенетичной вкрапленностью борнита, халькозина и халькопирита в потоках базальтов. Кроме того, наблюдается эпигенетическое оруденение, представленное сетчато-жильным типом, сложным кварцевыми, карбонатно-кварцевыми и альбит-кварцевыми прожилками среди рассланцованных метабазальтов. Этот тип оруденения несет также золоторудную минерализацию, которая заметно проявлена в Куолярвинском интракратонном бассейне, по литолого-стратиграфическому характеру (рис. 1), сходному с Онежским.

В отношении наложенной эпигенетической минерализации Онежский интракратонный бассейн заслуживает особого внимания в связи с тем, что здесь, наряду с известными месторождениями шунгита в углеродисто-карбонатных слоях (крупнейшее из них Зажогинское), установлены платинометалльное и хром-ванадиевое

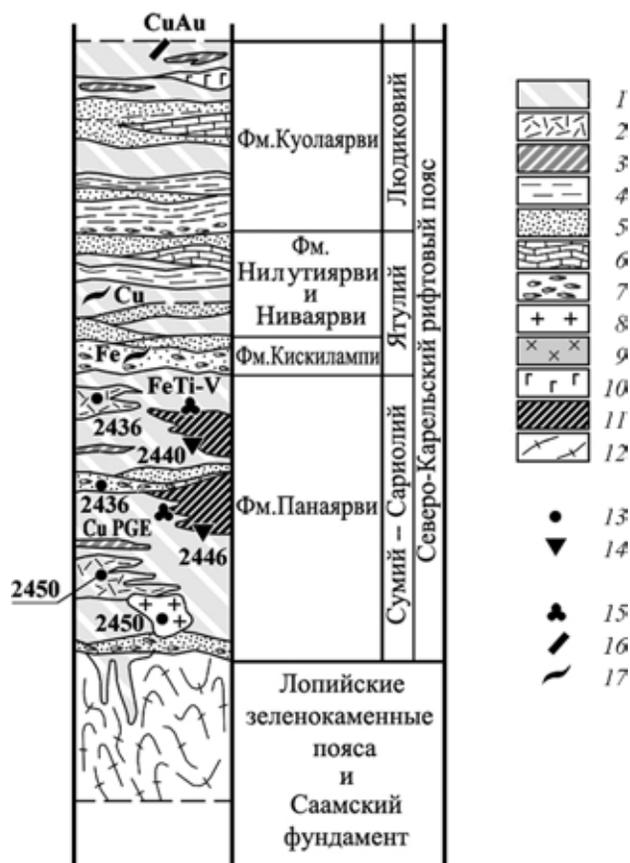


Рис. 1. Характер стратиграфического разреза, возрастные данные и особенности рудной минерализации Куолярвинского интракратонного бассейна в Северо-Карельском рифтовом поясе

1–11 – раннепротерозойские рифтовые системы: 1–3 – вулканы: мафические (1), фельзитовые (2), коматиитовые (3), 4 – сланцы, 5 – псаммиты/кварциты, 6 – карбонаты, 7 – конгломераты, 8 – граниты, 9 – диориты, 10 – габбро, 11 – расслоенные интрузии; 12 – гнейсы, гранито-гнейсы; 13, 14 – возраст: 13 – U-Pb, 14 – Sm-Nd; 15–17 – типы рудных месторождений: 15 – магматические, 16 – жильные, 17 – стратиформные

оруденения сложного полигенно-полихронного генезиса, связанного с углеродистой формацией. Представляется наиболее целесообразным уделить внимание особенностям формирования именно платинометалльного оруденения в стратифицированных углеродсодержащих толщах палеопротерозойского рифтогенного Онежского интракратонного бассейна.

Наряду с традиционным типом магматогенных платинометалльных месторождений и вмещающих их рудных районов геолого-геохимические данные и геологоразведочные работы дали основание для выявления нового нетрадиционного типа промышленно-значимых платинометалльных месторождений, залегающих в углеродсодержащих (черносланцевых) толщах стратифицированных комплексов [8]. Общие особенности этого типа платинометалльного оруденения:

– связь такого оруденения с углеродистыми осадочными и осадочно-вулканогенными породами широкого возрастного диапазона;

— приуроченность углеродистых толщ к определенным геодинамическим обстановкам — длительно развивавшимся пассивным окраинам палеоконтинентов и многостадийным внутриконтинентальным палеорифтовым бассейнам;

— принадлежность платинометалльного оруденения к геохимически аномальным участкам в пределах углеродистых толщ с повышенным фоновым содержанием Ni, Cu, Co, Mo, Au, Ag, Zn, Pb, As, Se, Te, U, V и их обогащенность сульфидами железа;

— низкая степень регионального метаморфизма пород осадочно-вулканогенных комплексов и высокая — проявления наложенных линейных и секущих зон складчато-разрывных дислокаций, сопровождаемых зонами низкотемпературного метасоматоза в осадочных и вулканогенных породах, свидетельствующих о проявлении активизационных процессов.

В формационном отношении рассматриваемый тип платинометалльного оруденения принадлежит к платиносодержащей полиметалльной формации черных сланцев и метасоматитов, которая входит в класс полигенных месторождений [2], поскольку ее геолого-генетическая природа связана с формированием углеродсодержащих пород в осадочно-вулканогенных рифтогенных бассейнах, их последующим низкотемпературным метаморфизмом и наложенными гидротермально-метасоматическими изменениями. Онежская рудная область в Южной Карелии [3] является наиболее перспективной в отношении специализированных на платинометалльное оруденение стратифицированных комплексов. Такое оруденение сложного полиметалльного состава (U-V-Mo-Au-Pt-Pd) было установлено работами геолого-геофизического предприятия «Невск-геология» в 1978–1988 гг. в пределах участков развития незначительной сульфидной минерализации среди вулканогенно-осадочных и углеродистых раннепротерозойских пород заонежской серии в Онежском рифтогенном бассейне [1; 3]. По закономерностям проявления платинометалльное оруденение этих районов может быть сопоставлено с известными промышленными месторождениями полиметалльно-платиноидных руд в черносланцевых толщах провинции Гуанчжоу в Южном Китае, в США, Канаде и Австралии [9]. Позднее в Онежском рифтогенном бассейне, наряду с полигенными проявлениями платинометалльного гидротермально-метасоматического типа, были обнаружены признаки платинометалльного стратиформного оруденения [5], приуроченного к углеродсодержащим отложениям. В геолого-структурном отношении Онежский интракратонный бассейн, как и Куолярвинский, являясь частью раннепротерозойского Северонорвежско-Онежского палеорифта, представляет собой брахиформную синклиналию область, выполненную упомянутыми отложениями с горизонтами углеродсодержащих формаций, эффузивами и пластовыми телами мафит-ультрамафитового состава общей мощностью около 4 км.

Развитие Онежской палеорифтогенной структуры неразрывно связано с формированием палеопротерозойского Онежско-Сегозерского сводового поднятия, обусловленного существованием астеносферного выступа аномальной субконтинентальной мантии, что косвенно подтверждается наличием гравитационного максимума, связанного с пониженной мощностью земной коры от 40 до 34 км [7]. Этот максимум локализован в пределах Онежского геоблока земной коры Карелии, ограниченного зонами глубинных разломов субмеридионального направления. Для них характерно более древнее, чем палеопротерозой, время заложения, что подчеркивается унаследованностью их простираения от положения архейских зеленокаменных поясов. Эти глубинные разломы, четко фиксируемые линейными структурными элементами при дешифрировании дистанционных материалов, ограничивают наиболее активную зону рифта. Наряду с такими глубинными разломами, определяющими общее простираение рифтогенной структуры, важными ее элементами являются субширотные поперечные (частью, вероятно, трансформные) разломы и диагональные разрывные нарушения северо-восточного и северо-западного направлений, которые наиболее отчетливо фиксируются при структурном анализе материалов дистанционного зондирования. Поперечные разрывные нарушения Онежской рифтогенной структуры субпараллельны региональной трансформно-раздвиговой зоне, которая прослеживается по полосе высоких гравитационных положительных аномалий, связанных с локализованной в этой зоне Бураковской мафит-ультрамафитовой интрузией (с U-Pb возрастом $2439 \pm 1,5$ млн лет) и другими вскрытыми и нескрытыми интрузиями подобного состава [6]. Диагональные разрывные нарушения и линеаменты соответствуют направлениям зон глубинных разломов, разграничивающих, по данным ГСЗ, блоки земной коры различной мощности. Онежская палеорифтовая структура, кроме ее обособленной позиции, хорошо также определяется на космоснимках положением крупной кольцевой структуры и малых кольцевых форм. Их происхождение может быть связано с морфолого-структурными особенностями рельефа, обусловленными различной степенью трещиноватости вулканогенных пород, слагающих территорию Онежского бассейна, и положением возможных вулканических эруптивных палеоцентров. Другая причина проявления подобных структур в пределах Онежского интракратонного бассейна — двухэтапный характер складчатых деформаций, приведших к образованию брахисинклиналей и антиклиналей, определяющих полукруговые замыкания этих структур на эрозионной поверхности значительных площадей Онежского интракратонного бассейна.

Важнейшей его особенностью является полнота и гетерогентность разреза осадочно-вулканогенных комплексов раннепротерозойского возраста, составляющих около 3800 м его мощности.

В Онежском бассейне сосредоточены отложения различного хроностратиграфического возраста (по стратиграфической шкале МСК 1989 г.), представляя надгоризонты (млн лет): сумийский — 2500–2400, сариолийский — 2400–2300, ятулийский — 2300–2100 и людиковийский — 2100–1950 (онежская серия, сложенная снизу вверх туломозерской, заонежской и суйсарской свитами). Другая особенность Онежской палеорифтовой структуры — интенсивное и неоднократное проявление на всех этапах ее развития базальтоидного мафитового и ультрамафитового магматизма, выраженного в формировании многуровневых эффузивов и внедрении пластовых интрузий диабазов, диабазовых порфиритов и пикритов.

Платинометалльное оруденение приурочено к породным ассоциациям заонежской свиты и ее контактовым частям с доломит-сланцевыми породами нижележащей туломозерской свиты или туфопикрит-алевролит-сланцевыми горизонтами вышележащей суйсарской свиты. Мафит-ультрамафитовая вулканоплутоническая ассоциация сложена толеит-базальтовой и пикрит-базальтовой формациями, которые характеризуют этап вулканизма, проявленный во время отложения онежской серии. Толеит-базальтовый вулканизм выражен подводными, реже субаэральными, излияниями однородных афировых базальтов трещинно-центрального типа низкой эксплозивности. Пикрит-базальтовая формация в целом характерна для суйсарской свиты, представленной в Онежской структуре пикритами, пикритовыми и оливиновыми базальтами, их пепловыми туфами и гиалокластитам, которые контактируют с осадочными углеродсодержащими отложениями заонежской свиты. Излияния вулканитов сопровождались внедрением пластово-секущих силлов габбродолеритов и редких тел перидотитов. Для мафит-ультрамафитовых вулканитов обеих формаций характерно присутствие «рудоносных лав» — миндалекаменных базальтов с меднорудным сульфидным оруденением, мелкие месторождения которого были известны и разрабатывались здесь еще в XVIII–XIX вв.

Платинометалльная рудоносность и характерная полиметалльная металлогеническая специализация Онежской структуры связаны именно с ятулийско-людиковийским вулканогенно-осадочным структурно-формационным комплексом, который был образован в условиях рифтогенной обстановки. Максимальное накопление углеродистого вещества, происхождение которого можно связывать с углеводородным эндогенным флюиднасыщением породных систем при рифтогенезе и последующей его, возможно, биоредукцией в форме свободного углерода, приходится на время формирования как раз заонежской свиты людиковийского надгоризонта в палеопротерозойском разрезе Онежского рифтогенного бассейна. Эта концентрация углерода проявлена здесь в виде высокоуглеродистых ($C_{орг}$ до 20–47 %) пластов шунгитов, шунгитсодержащих алевролитовых сланцев и туфосланцев, а также

углеродистых карбонатно-глинистых туфосланцев, в которых содержание $C_{орг}$ не превышает 10 %. Характерной особенностью углеродистых вулканогенно-осадочных горизонтов заонежской свиты является их насыщенность сульфидами железа (пирит, пирротин, иногда с халькопиритом и сфалеритом). Платинометалльное оруденение принадлежит к трем типам:

- платиноидно-полиметалльное стратиформное в замках синклиналиных складок в углеродистых горизонтах заонежской свиты;
- золото-платиноидное в кварц-сульфидно-карбонатных метасоматитах, развитых в углеродистых сланцах;
- уран-ванадий-платиноидно-полиметалльное, связанное с силлами метасоматизированных габбродолеритов, секущих черносланцевые толщи в зонах развития наложенных складчато-разрывных дислокаций [5].

Пласты платиноносных углеродистых сланцев заонежской свиты характеризуются рассеянной сульфидной вкрапленностью с содержанием металлов платиновой группы от 1 до 2–3 г/т. Кроме того, в этих же пластах наблюдаются концентрации: Au 0,05–0,8 г/т, Ag 0,5–20 г/т, Cu + Zn 0,7 %, Ni 0,2 % [5].

На Канадском щите интракратонные рифтогенные бассейны палеопротерозойского времени, особенно периода развития 2,1–1,8 млрд лет, наиболее отчетливо выражены в пределах провинции Черчилл. В ее восточной части в составе субпровинций Рэй и Хирн, разделенных тектонической зоной Сноуберд (рис. 2), выделяются линейные локальные структуры, сложенные преимущественно палеопротерозойскими (2,2–2,1 млрд лет) метаосадочными породами, перемежающимися с силлами диабазов, габбро и потоками базальтов.

Эти породы с резким угловым и стратиграфическим несогласием залегают на тектоно-термально переработанном в палеопротерозое архейском фундаменте, важной составляющей которого являются зеленокаменные пояса трех возрастных групп [10]. Они представлены:

- 2,9–2,8 млрд лет — пояса Вудберн и Принц Альберт субпровинции Рэй, несущие золоторудное оруденение в железорудной формации, ассоциирующей с коматиит-толеитовыми вулканитами;
- 2,7–2,68 млрд лет — пояс Каминак субпровинции Хирн, в котором коматиит-толеитовые вулканиты ассоциируют с фельзитами и перемежаются с обломочными и хемогенно-кремнистыми породами. Эти пояса вмещают колчеданно-полиметаллические месторождения с золотом и серебром — Хенья и Спи-Лейк провинции Черчилл, а также жильные золоторудные месторождения типа стратабаунд в железистых кварцитах;
- 2,66–2,6 млрд лет — пояса Ранкин, Магуд-Гибсон, Яхкид-Ангикуни и Эннанди, локализованные вблизи тектонической зоны Сноуберд. Эти пояса сложены вулканогенными и осадочными породами, аналогичными предыдущим поясам, но также вмещают крупные тела

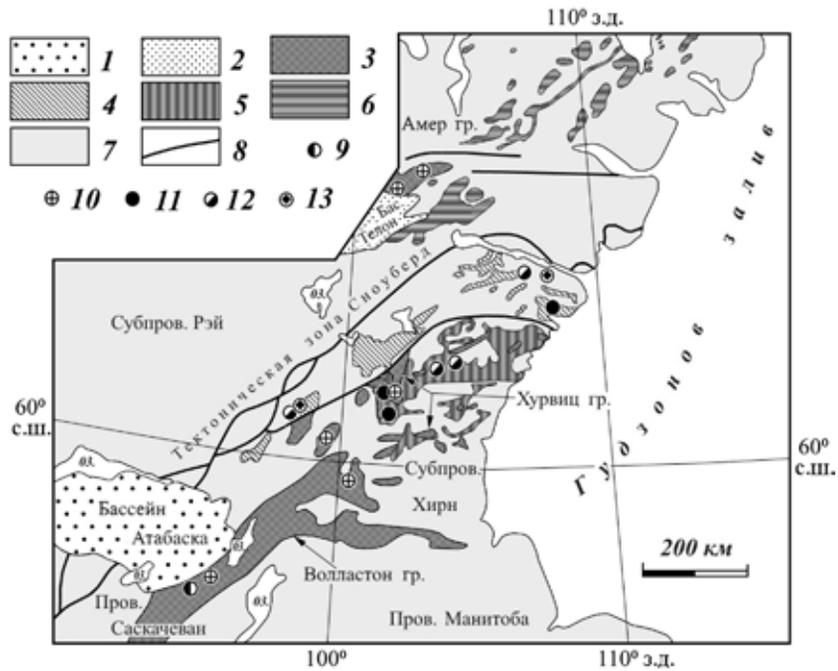


Рис. 2. Типы рудных месторождений, ассоциирующих с интракратонными рифтовыми структурами поздней части палеопротерозоя (2,2–2,1 млрд лет) в провинции Черчилл, Канада

1–3 – протерозойские комплексы: 1, 2 – позднепротерозойские осадочные отложения бассейнов Атабаска (1) и Телон (2), 3 – раннепротерозойские метавулканиогенные и метаосадочные породы интракратонных палеорифтовых бассейнов (группы Амер, Хурвиц и Волластон – с севера на юг); 4–6 – архейские комплексы зеленокаменных поясов различных возрастных групп (млрд лет): 4 – 2,6–2,7, 5 – 2,7–2,8, 6 – 2,8–2,9; архейский фундамент: 7 – гранитогнейсы и 8 – разломы; 9–11 – типы палеопротерозойских месторождений в рифтовых структурах: 9 – стратиформные Pb-Zn в осадочных породах, 10 – стратиформные Cu с U в осадочных породах, 11 – жильные Au-рудные типа стратабаунд в вулканогенно-осадочных породах; 12, 13 – типы архейских месторождений в зеленокаменных поясах: 12 – жильные Au-рудные типа стратабаунд в железистых формациях, 13 – Cu-Ni с платиноидами в габбро-анортозитовых интрузиях [10]

габбро-анортозитов, несущих Cu-Ni с платиной сульфидное оруденение.

Завершающей стадией развития архейских структур была их кратонизация, выраженная во внедрении анорогенных калий-полевошпатовых гранитов с возрастом около 2,6 млрд лет. Дальнейшее развитие восточной части провинции Черчилл происходило по сценарию палеопротерозойского рифтогенеза во временных интервалах, сходных с развитием в этот же период Карело-Кольского кратона. Этот сценарий включает два похожих для сравниваемых провинций тектономагматических события:

– Интервал от 2,45 до 2,2 млрд лет, отмечаемый серией роев мафических даек (Каминак – около 2,45–2,35 млрд лет, Тулемалу – 2,19 млрд лет). Они свидетельствуют о режиме корового растяжения, но не сопровождаются медно-никелевым или платинометалльным оруденением, в отличие от Карельской провинции Фенноскандинавского щита, где этот тип оруденения имеет существенное металлогеническое значение для рассматриваемого временного интервала рифтогенеза. Щелочно-карбонатитовые интрузии,

несущие редкоземельную минерализацию, могут быть также коррелированы с этим рифтогенным событием.

– Интервал 2,2–2,0 млрд лет, в течение которого были образованы рифтогенные последовательности трех локальных интракратонных структур западной части провинции Черчилл, представленных тремя литолого-стратиграфическими группами – Волластон, Хурвиц и Амер (рис. 3).

Все три группы сложены сходными породными ассоциациями: базальные ортокварциты и кварцевые конгломераты; черносланцевые и доломит-углеродистые отложения; верхние песчано-глинисто-алевролитовые отложения. Все породы изредка перемежаются с силлами габбро-диабазов (минимальный U-Pb возраст по бадделеиту из силла габбро группы Хурвиц 2110 млн лет) и базальтовых порфиринов, что весьма сходно с ятулийским надгоризонтом в разрезах интракратонных структур этого же возрастного интервала на Фенноскандинавском щите.

Вместе с этим металлогенические различия сходных в литологическом, структурном и возрастном отношениях интракратонных структур

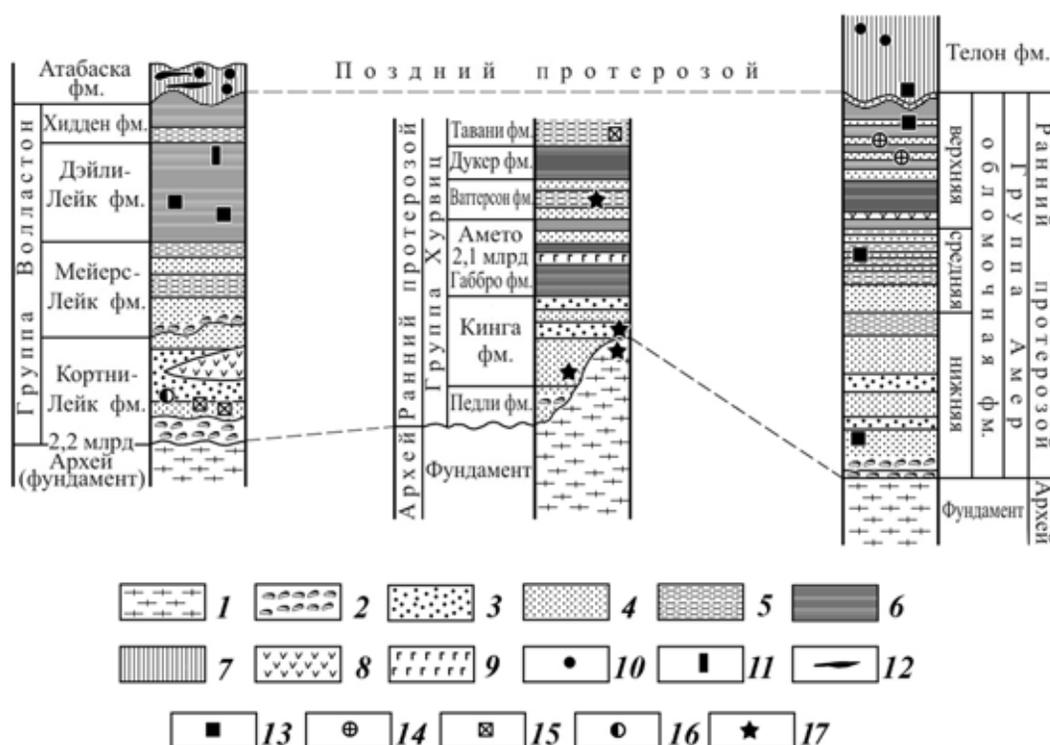


Рис. 3. Литолого-металлогеническая корреляционная схема разрезов палеопротерозойских рифтогенных интракратонных бассейнов провинции Черчилл в Канаде, представленных отложениями групп (слева направо) Волластон, Хурвиц и Амер [10]

1 – архейский фундамент: вулканогенные и осадочные породы зеленокаменных поясов возраста 2,6–2,8 млрд лет, гранитоиды, гранитоиды; 2–9 – породы протерозойских структур: 2 – конгломераты, 3 – аркозы, гравелиты, галечные кварциты, 4 – кварциты, метапесчаники, 5 – сланцы, графитистые сланцы, 6 – карбонатно-силикатные мрамора, пелиты, карбонатсодержащие аркозы, 7 – песчаники, сланцы, галечники бассейнов Атабаска и Телон, 8 – мафитовые и фельзитовые вулканиты, 9 – габбро и амфиболиты; 10–17 – проявления полезных ископаемых: 10 – U типа несогласий, 11 – U типа стратабаунд, 12 – Pb-стратиформные, 13 – U-стратиформные, 14 – U + (Cu, Zn, Pb) типа стратабаунд, 15 – Cu типа медистых песчаников, 16 – Pb-Zn типа стратабаунд, 17 – Au-рудные типа стратабаунд

Карелии и провинции Черчилл весьма существенны. Это связано, несомненно, с характером металлогении фундамента, на котором были сформированы эти структуры, и степенью их магматичности (например, высокая магматичность Куолярвинского и Онежского интракратонных бассейнов, определившая их металлогеническую специфику).

Группа Волластон характеризуется широким спектром стратиформных осадочно-эксгалиационных и стратабаундовых (таких же, но переотложенных гидротермально-метасоматических) рудопроявлений и месторождений: Cu, U-Cu-V, Zn-Pb, U в черных сланцах.

Группа Хурвиц вмещает два типа оруденения: жильные золоторудные месторождения и медные рудопроявления. Золоторудные месторождения ассоциируют со складчато-надвиговыми структурами в палеопротерозойских породах и зонах реактивации (реювенации) золотого оруденения в зеленокаменных поясах архейского фундамента. Области расланцевания в системах складчато-надвиговых зон являлись проводниками флюидов и гидротермальных растворов, способствующих переотложению рудного вещества для

вновь создаваемых рудных жильных тел. Такого же типа реювенированные палеопротерозойские гидротермальные месторождения приурочены к архейской железорудной формации, ассоциирующей с рудоносными зеленокаменными поясами Каминак (например, золоторудное поле Мельядини). Два минералогических типа рудных тел ассоциируют с кварц-карбонатными жильными системами: пирротин + золото ± арсенопирит и арсенопирит + пирит + пирротин + золото.

Группа Амер в субпровинции Рей вмещает небольшие по запасам стратабаундовые эпигенетические и стратиформные диагенетические медные и медно-урановые месторождения.

Рассмотренные три преимущественно осадочные рифтогенные последовательности пород интракратонных бассейнов провинции Черчилл сходны по литологии и тектоническому режиму с интракратонными впадинами Ятулийского бассейна. Однако эти три последовательности в провинции Черчилл не включают в свой состав толеитовые вулканиты, широко представленные в ятулийских разрезах Фенноскандинавского щита. Соответственно группа впадин Волластон – Хурвиц – Амер характеризуется медными

и урановыми осадочно-сингенетическими, как и эпигенетическими золоторудными месторождениями. Урановое оруденение в этих структурах — наиболее раннее проявление из урановой триады месторождений провинции Черчилл. Вторая группа урановых месторождений связана с орогеническими поясами Гудзонской орогении — 1,95–1,8 млрд лет, а третья — с осадочными породами неопротерозойских интракратонных бассейнов Атабаска и Телон.

Заключение. На Фенноскандинавском щите рифтовые структуры ранней стадии палеопротерозойского рифтогенеза маркируются расчлененными интрузиями и трогами, выполненными сумийско-сариилийскими осадочно-вулканогенными отложениями с U-Pb возрастом риолитов по циркону 2432 млн лет в Северной Карелии. Они наметили направления заложения и развития следующего зрелого этапа формирования рифтовых структур — их дальнейшего раскрытия и заполнения ятулийско-людиковийскими веществами комплексами возрастного интервала 2,3–1,85 млрд лет. Ятулийскому возрастному этапу (2,3–2,0 млрд лет), с которым связаны излияния внутриплитных базальтов и отложение ортокварцитов и доломитов, отвечало формирование интракратонных бассейнов рифтогенной природы (Онежского, Куоляярвинского в Карелии и Куусамо в Финляндии), развитых в пределах палеорифтов Фенноскандинавского щита. Металлогеническая специализация этого этапа выражена медным оруденением в базальтах, рудопроявлениями медистых песчаников и гематитовых кварцитов, которые особенно отмечены в Куоляярвинском и Онежском палеорифтовых интракратонных бассейнах. Здесь же времени формирования интракратонных бассейнов отвечает образование углеродистых толщ, несущих полиметалльное Pt-Au оруденение. Ятулийские отложения интракратонных бассейнов Фенноскандинавского щита содержат толеитовые базальты и силлы габбро-диабазов, вмещающие Fe-Ti-V магматические сегрегации, формирующие оруденение, которое отсутствует в составе впадин Волластон — Хурвиц — Амер в провинции Черчилл Канадского щита.

Для интракратонных впадин провинции Черчилл Канадского щита характерен период развития 2,1–1,8 млрд лет, что соответствует на Фенноскандинавском щите времени формирования людиковийских отложений. Общим для этого времени на обоих щитах является распространение углеродистых формаций, но на Фенноскандинавском щите они несут преимущественно платинометалльную и титан-ванадиевую минерализацию с незначительной золоторудной специализацией, а в провинции Черчилл Канадского щита золото-урановая минерализация без платиноидной и титан-ванадиевой специализации типична для таких породных ассоциаций. Вероятно, это связано с разной металлогенической специализацией подстилающего фундамента и проявления на

Фенноскандинавском щите в палеопротерозое подстилающих сумий-сариилийских толщ и магматических пород с Pt-Pd и Ti-V оруденением.

Работа выполнена при финансовой поддержке тем НИР: 0153-2019-0001 и 0153-2019-0003.

1. Билибина Т. В., Мельников Е. К., Савицкий А. В. О новом типе месторождений комплексных руд в Южной Карелии // Геология рудных месторождений. — 1991. — Т. 33, № 6. — С. 3–14.
2. Додин Д. А., Чернышов Н. М., Яцкевич Б. А. Платинометалльные месторождения России. — СПб.: Наука, 2000. — 755 с.
3. Мельников Е. К., Петров Ю. В., Рябухин В. Т. Онежский рудный район с уран-золото-платинометалльными месторождениями // Разведка и охрана недр. — 1993. — № 8. — С. 31–34.
4. Металлогения Карелии / отв. ред. С. И. Рыбаков, А. И. Голубев. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1999. — 340 с.
5. Савицкий А. В., Афанасьева Е. Е., Титов В. К. Перспективы обнаружения промышленных платинометалльных стратиформных месторождений в черных сланцах Онежской впадины // Платина России. Т. II. Кн. 2. — М.: Геоинформмарк, 1995. — С. 23–26.
6. Трофимов Н. Н., Голубев А. И. Геодинамические условия формирования и металлогения Онежской впадины // Руды и металлы. — 2000. — № 5. — С. 10–25.
7. Щеглов А. Д., Москалева В. Н., Марковский Б. А. Магматизм и металлогения рифтовых систем восточной части Балтийского щита. — СПб.: Недра, 1993. — 244 с.
8. Яцкевич Б. А., Глухоедов Н. В., Филько А. С. и др. Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы России. — М.: Геоинформмарк, 1994. — С. 227.
9. Coveney R. M., Nansheng C. Ni-Mo-PGE-Au rich ores in Chinese black shales and speculation on possible analogues on the United States // Mineralium Deposita. — 1991. — Vol. 26, no. 2. — Pp. 83–88.
10. Miller A. R., Turchenko S. I. Comparative Precambrian tectonics and metallogeny of the Churchill Province, Canadian Shield and Karelia Province, Baltic Shield, Russia // Abstracts 9th Meeting of European Geological Society MAEGS 9, Precambrian of Europe. — St.-Petersburg, 1995. — Pp. 69–70.

1. Bilibina T. V., Mel'nikov E. K., Savitskiy A. V. O novom tipe mestorozhdeniy kompleksnykh rud v Yuzhnoy Karelii [On a new type of complex ore deposits in South Karelia]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 1991, vol. 33, no. 6, pp. 3–14. (In Russian).
2. Dodin D. A., Chernyshov N. M., Yatskevich B. A. Platinometal'nye mestorozhdeniya Rossii [Platinum deposits of Russia]. St. Petersburg, Nauka, 2000, 755 p.
3. Mel'nikov E. K., Petrov Yu. V., Ryabukhin V. T. Oнежский рудный район с уран-золото-платинометалльными месторождениями [Onega ore region with uranium-gold-platinum-metal deposits]. *Razvedka i okhrana neдр*, 1993, no. 8, pp. 31–34. (In Russian).
4. Metallogeniya Karelii [Metallogeny of Karelia]. Eds.: S. I. Rybakov, A. I. Golubev. Petrozavodsk, 1999, 340 p.
5. Savitskiy A. V., Afanas'eva E. E., Titov V. K. Perspektivy obnaruzheniya promyshlennykh platinometal'nykh stratiformnykh mestorozhdeniy v chernykh slantsakh Oнежской vpadiny [Prospects for the discovery of industrial platinum-metal stratiform deposits in black shales of the Onega depression]. *Platina Rossii*. Moscow, 1995, vol. II, kn. 2, pp. 23–26. (In Russian).

6. Trofimov N. N., Golubev A. I. Geodynamic conditions of formation and metallogeny of the Onega Depression. *Ores and Metals*, 2000, no. 5, pp. 10–25. (In Russian).
7. Shcheglov A. D., Moskaleva V. N., Markovskiy B. A. Magmatizm i metallogeniya riftovykh sistem vostochnoy chasti Baltiyskogo shchita [Magmatism and metallogeny of rift systems of the eastern part of the Baltic Shield]. St. Petersburg, Nedra, 1993, 244 p.
8. Yatskevich B. A., Glukhoedov N. V., Fil'ko A. S. et al. Platina Rossii. Problemy razvitiya mineral'no-syr'evoy bazy Rossii [Platinum of Russia. Problems of the development of the mineral resource base in Russia]. Moscow, 1994, p. 227.
9. Coveney R. M., Nansheng C. Ni-Mo-PGE-Au rich ores in Chinese black shales and speculation on possible analogues on the United States. *Mineralium Deposita*, 1991, vol. 26, no. 2, pp. 83–88.
10. Miller A. R., Turchenko S. I. Comparative Precambrian tectonics and metallogeny of the Churchill Province, Canadian Shield and Karelia Province, Baltic Shield, Russia. *Abstracts 9th Meeting of European Geological Society MAEGS 9, Precambrian of Europe*. St. Petersburg, 1995, pp. 69–70.

Турченко Станислав Иванович – доктор геол.-минерал. наук, гл. науч. сотрудник, ИГГД РАН¹. <turchsi@mail.ru>
Турченко Татьяна Леонидовна – науч. сотрудник, ИГГД РАН¹.

Turchenko Stanislav Ivanovich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Researcher, IPGG RAS¹. <turchsi@mail.ru>
Turchenko Tatiana Leonidovna – Researcher, IPGG RAS¹.

¹ Институт геологии и геохронологии докембрия Российской академии наук (ИГГД РАН). Наб. Макарова, 2, Санкт-Петербург, Россия, 199034.
 Institute of Precambrian Geology and Geochronology Russian Academy of Sciences (IPGG RAS). 2 Naberezhnaya Makarova, St. Petersburg, Russia, 199034.