

Л. В. Кулешевич

ЭВОЛЮЦИЯ ЭНДОГЕННЫХ РЕЖИМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ КАРЕЛИИ

Геодинамическая позиция орогенических золоторудных месторождений и проявлений Карелии, так же как и в других регионах мира, связана с эволюцией геологических структур над зонами конвергенции и обусловлена формированием сдвиговых зон в результате коллизии. На аккреционной стадии развития в связи с вулканическими процессами формируются месторождения колчеданного семейства. На коллизионной стадии образуются золото-кварцевые и золото-сульфидно-кварцевые месторождения и проявления, ассоциирующие с гранитоидами и порфировым дайковым комплексом, золото-сульфидные и золото-сульфидно-кварцевые – в зонах сдвиговых деформаций и метасоматоза, локализующихся в различных породах.

Геодинамические обстановки магматизма и формирования вещественного состава рудовмещающих комплексов в позднем архее

Зеленокаменные пояса характеризуются гетерогенным строением и формированием в интервале времени 3,2–2,55 млрд лет с неоднократным проявлением деформаций, метаморфических процессов, как позднеархейских, так и протерозойских (свекофеннских), что осложняет их изучение. Позднеархейские зеленокаменные пояса Карельского кратона на основе геологического и геохронологического изучения разделены на следующие возрастные группы (Лобач-Жученко и др., 1998, 2000б; Чекулаев и др., 1999 и др.): 1 – более древние в обрамлении Восточно-Карельского или Водлозерского блока, включающие зеленокаменные пояса Восточной и Центральной Карельской зон и внутренних частей Водлозерского блока (3,0–2,85 млрд лет); а также реликты зеленокаменного пояса ранней генерации в Беломорской складчатой области (>2,88 млрд лет); 2 – Западно-Карельские, сюда относятся, в том числе, и верхние части разрезов структур 2-й генерации Центрально-Карельских зеленокаменных поясов (от 2,88–2,8 млрд лет до 2,7 млрд лет); 3 – более молодые по юго-западному и северо-восточному обрамлению Карельского кратона (2,76–2,65 млрд лет) и выделяемые в последнее время в центральной части кратона структуры типа пулл-апарт (2,74–2,6 млрд лет) (Кожевников и др., 1998). Формирование и эволюция архей-

ских зеленокаменных поясов Карелии в настоящее время рассматриваются в рамках двух геодинамических моделей – плюмовой и плейт-тектонической. Первая представляет зеленокаменные пояса как рифтогенные структуры, возникшие на раннеархейской сиалической коре, вторая – как зоны конвергенции континентальной и океанической коры. Разнообразие магматических пород, слагающих их, объясняется различными условиями плавления верхней мантии и неоднородностью состава мантийных плюмов (коматиитовая и толеитовая серии), а также взаимодействием плюмов с веществом древней континентальной коры (известково-щелочные серии вулканитов, гранитоидные комплексы). К позднеархейскому этапу более подходит модель плитной тектоники, дополняющая плюмтектоническую. С позиций этой модели зеленокаменные пояса рассматриваются как островодужные и окраинно-континентальные ассоциации, сформировавшиеся на аккреционно-коллизионной стадии развития над древними зонами субдукции (Кожевников, 2000). Главные результаты исследований по геодинамике региона по материалам разных авторов (В. Н. Кожевникова, С. Б. Лобач-Жученко с коллегами, В. А. Глебовицкого, Е. В. Бибицкой, С. А. Светова, А. И. Слабунова, И. С. Пухтеля, А. В. Самсонова и др.), данные радиологического датирования, формационного анализа магматизма и состава рудовмещающих комплексов сведены автором в таблицах основных геологических событий на территории Карелии для позднего архея (табл. 1), с выделением металлогенической специализации комплексов. Провести подобный анализ позволяет кадастр проявлений золота (Леонтьев и др., 1997) и база данных, собранная автором. Как следует из табл. 1, аккреционно-коллизионная история позднеархейских зеленокаменных поясов представляет наибольший интерес в формировании рудных концентраций золота – месторождений и рудопоявлений. Золотопродуктивными комплексами орогенного развития являются разнообразные вмещающие толщи, субвулканические и интрузивные тела кислого и среднего состава. Для коллизионной стадии большое значение приобретают зоны деформаций, метасоматической проработки и жильного прокварцевания, накладывающиеся на разные породы.

Таблица 1

**Основные геологические и металлогенические события на Карельском кратоне
и в его обрамлении в позднем архее**

№	Стратиграфическая шкала, рубеж	Геодинамическая обстановка, режим	Возраст, млн лет (ссылка)	Литоология и магматический комплекс	Металлогеническая специализация
1. Восточно-Карельская зона, Сумозерско-Кенозерский зеленокаменный пояс. Каменноозерская, Шилосско-Рыбозерская структуры					
6	Верхний архей, лопий: L ₂ ² (2650–2700)	Коллизионный	2700 2680–2700 (10, 11) ~2500 (10)	К-граниты телекинского комплекса. Водлозерский блок: Охтомозерский и Кубовский массивы (2680–2700). Мигматит-граниты. Метасоматиты зон расланцевания	Рыбозерское Р. П. Au-S руды (2700) (12)
5	L ₂ ¹ (2700–2800)		2728–2748 (9)	Плаггио-микроклиновые граниты и мигматит-граниты в обрамлении з/к поясов. Пегматиты п. Валдай (2728–2748). Вожмозерский гранитный массив (?)	
4	L ₁ ² (2800–2850)	Активизация окраины. Островная дуга 2-й генерации	2807±14 (8), 2807±12 (3) ?	Заломаевский к-с: дайки порфиров (2807). Вожмозерская свита базальты, андези-базальты, андезиты, риодациты, туфогенно-осадочная толща, углеродсодержащие сланцы	Заломаевское Р. П. Au-S оруденение. Au-колчеданно-полиметаллическое
3	L ₁ ¹ (2850–2900)	Островодужная, окраинно-континентальная	2859±24 (4) 2875±2; 2,88 (8); 2892±130 (5)	Шилосский к-с: габбро, диориты, плаггиограниты (2859). Коросозерский к-с: габбро-диабазы. Каменноозерский к-с: перидотиты, габбро. Каменноозерская свита: дациты, риолиты (2875), туфы, углеродистые сланцы, базальты (2892)	Бедная Au-S минерализация, Ti Ni, Cu Колчеданы, незначительное обогащение Au
2	L ₁ ¹ (2900–3000)	Рифтогенный Водлозерский блок: глубинное наращивание земной коры	2960±150 (6), 2913±30 (5) 2916±117 (7) 2987±11 (4) 2908–2971 2999 (4)	Базальты Шилосской структуры (2913, 2960). Кумбуксинская свита: толеитовые и коматиитовые базальты, коматииты (2916), кремнистые осадки. Савинская свита (проблематична) Лайручейский к-с: габбро-диориты (2987). Комплекс диоритов, тоналитов Водлозерского блока (р. Калья, оз. Черное). Дайки риолитов р. Выг (2999)	Ni, Cu
1	Нижний архей (>3000)		3150–3210 (1) 3100 (3) 3391±76 (2)	Водлозерский комплекс: диориты, тоналиты. Тоналиты шлоза № 9 (3100) Волоцкая толща: амфиболиты	

Примечание. Жирным шрифтом выделены рудовмещающие, золотосодержащие и золоторудные формации. № – общий порядок в продолжениях таблицы. Ссылки: 1 – Сергеев, Бережная, 1985; Lobach-Zhuchenko et al., 1993; 2 – Пухтель и др., 1991; 3 – Лобач-Жученко и др., 2000б; 4 – Лобач-Жученко и др., 1999; 5 – Puchtel et al., 1999; 6 – Сочеванов и др., 1991; 7 – Samsonov et al., 1998; 8 – Левченков и др., 1989; 9 – данные Г. П. Сафроновой (К/Ag метод, выполнен в ИМГРЭ); 10 – Левченков и др., 1990; 11 – Чекулаев и др., 1997; 12 – из материалов Л. В. Кулешевич (Pb/Pb метод, выполнен в ИГФМ, г. Киев).

Продолжение табл. 1

№	Стратиграфическая шкала, рубеж	Геодинамическая обстановка, режим	Возраст, млн лет (ссылка)	Литоология и магматический комплекс	Металлогеническая специализация
2. Центральнo-Карельская зона. Ведлозерско-Сегозерский зеленокаменный пояс. Хаутоваарская, Койкарская, Семченская, Эльмусская, Сайозерская, Остерская, Бергаульская структуры					
6	Верхний архей, лопий: L ₂ ² (2650–2700)	Континентальная коллизия	2670 2700–2670 (10, 12)	Виртагыйский комплекс: лейкограниты, редкометалльные пегматиты. Хаутоваарский к-с (2670; 2700): монциты, граносиениты. Хижозеро: граниты (2700). Бергаульский к-с: гранодиориты, трондьемиты. Р. Суна, Ондозеро: К-граниты (2684, 2700). Анатектит-граниты. Метасоматиты сдвиговых зон	Ta, Nb, Li Mo, Au-кварцевая, Au-сульфидная. Mo, Fe, Cu, Zn, Pb, Au-полиметаллическая
5	L ₂ ¹ (2700–2800)		2740–2744 (10) 2744±5 (10)	Сяргозерский к-с: сиениты. Паданский к-с: габбро, монцодиориты, гранодиориты (2737; 2740, 2744). Эльмусский к-с: пироксениты, сиениты. Чалкинский к-с: граниты (2744)	
4	L ₁ ² (2800–2850)		2810±60 (11)	Карташевский массив: граниты Усмиьярвинская свита (?)	
3	L ₁ ¹ (2850–2900)	Островодужная, окраинно-континентальная	2830 (10) 2840–2860 (10)	Палая Ламба: плаггиопорфиры (2830), р. Лижма: трондьемиты (2850). Шуйский к-с: диориты, плаггиограниты (2850). Остерский к-с: гранит-порфиры (2860, 2876). Семченский к-с: габбро-диориты, тоналиты (2840, 2849, 2890).	Ni, Cu, Co

№	Стратиграфическая шкала, рубеж	Геодинамическая обстановка, режим	Возраст, млн лет (ссылка)	Литология и магматический комплекс	Металлогеническая специализация
			2854–2862 (7, 9)	Хюрсюльский к-с: перидотиты, пироксениты. Калярвинская свита: дациты, риолиты, туфы (2854, 2862). Кивилампинская свита: дациты, риолиты, туфы (2860). Кульонская свита: базальты. Лаваярвинская свита: базальты	Колчеданы, рассеянные содержания Au
2	L ₁ ¹ (2900–3000)	Задуговые бассейны, островодужная	2935±15 (8) 2945±19 (7) 2985±10 (6), 2980–2992. 2937–2980 (5) 3020±10 (4)	Семча-Койкары: дациты (2935). Виетукколампинская свита, Хаутоваара: андезиты, дациты (2945 – некк Игнойла), туфы. Чебинский массив: граниты (2985), Сайозерский к-с: габбро, диориты (2992). Лоухиварская свита: коматититы, базальты (2965, 2974, 2980). Питкялампиская свита (2937, 2944, 2980): коматититы, базальты Сайозерская толща: андезиты, дациты (3020)	
1	Нижний архей (>3000)		3150–3210 (2, 3) 3391±76 (1)	Водлозерский комплекс: диориты, тоналиты. Волоцкая толща: амфиболиты	

Примечание. 1 – Пухтель и др., 1991; 2 – Lobach-Zhuchenko et al., 1993; 3, 4 – Лобиков, Лобач-Жученко, 1980; 5 – Светов, Хухма, 1998; 6 – Беляцкий и др., 2002; 7 – Овчинникова и др., 1994; 8 – Бибилова, Крылов, 1983; 9 – Самсонов и др., 1996; 10 – Лобач-Жученко и др., 2000б; 11 – Макеев и др., 2000; 12 – Чекулаев и др., 1997.

Продолжение табл. 1

№	Стратиграфическая шкала, рубеж	Геодинамическая обстановка, режим	Возраст, млн лет (ссылка)	Литология и магматический комплекс	Металлогеническая специализация
3. Беломорский складчатый пояс, Тикшезерско-Авнеезерский зеленокаменный пояс. Северо-Карельские структуры: Винга, Ирингора, Хизоваарская, Керетская. Восточный и Центральный Беломорский домен					
6	Верхний архей, лопий: L ₂ ² (2650–2700)	Континентальная коллизия	2660–2691 (5) 2,7–2,71 (1, 9)	Пегматиты. Плаггио-микроклиновые граниты, мигматит-граниты. Высокобарические метасо-матиты. СЗ часть БСП: Пажемские К-граниты (2660). Габбро Тупой губы (2691±12). Лейкограниты (2700±10), агматиты (2707±1)	Переотложенная S-минерализация, рассеянная Au-S, МПГ. Месторождения мусковитовых и керамических пегматитов, проявления граната, кианита
5	L ₂ ¹ (2700–2800)	Островная дуга. Бассейны типа пулл-апарт (10)	2705±7 (8) 2780±10 (7) 2,8 (6) 2714–2730 (5) 2720–2780 (1, 2)	Северо-Карельские з/п. Верхнехизоваарский к-с: шаровые метабаазальты, риодациты-2 (2705±7), углеродсодержащие сланцы, аренииты, андезиты м/к (2780±10). Бониниты Ирингоры. СЗ часть БСП: эндербиты (2714±7, 2730±15). БСП. ТТГ комплекс: тоналиты оз. Венгели (2720±25), тоналиты Тупой губы (2780±10), диориты м. Картеш (2780)	Колчеданы
4	L ₁ ² (2800–2850)	Островная дуга 2-й ген., окраинно-континентальная, задуговые рифтогенные бассейны	2803±13 (1) 2807,7±1,4 (1) 2801,3±3,6 (4) 2803±35 (3)	Северо-Карельские з/п. Кварцевые диориты, оз. Кереть (2803±13). Хизоваарская структура: нижнехизоваарский комплекс (2,8–2,78): риодациты-1 (2803), туфо-генно-осадочная толща, андезиты, амфиболиты по базальтам, ферробазальты, коматититы	
3	L ₁ ¹ (2850–2900)	Субдукционный. Островная дуга 1-й ген., окраинно-континентальная. Преддуговая	2,86±30; 2,88–2,83; 2829±30 2877±45 (1) 2,8–2,9 (1)	БСП. Комплекс ТТГ: диориты Серяк (2860±30) Керетьозерская структура: хаттомозерская свита (2,88–2,83): метаандезиты, агломератовые туфы (2877±45, 2820), дациты (2829±30), метабаазальты, углеродсодержащие сланцы. БСП. Чупинская свита (2,8–2,9): гнейсы по грауваккам, частично мигматизированные	Рассеянная колчеданная минерализация. Повышенный геохимический фон Co, Ni, V, Cr, Au
2	L ₁ ¹ (2900–3000)	Океаническое ложе	>2,87 (1)	БСП. Хетоламбинская свита: амфиболиты по базальтам, гарцбургитам (офиолиты), Na-риодациты (2878±13)	Геохимическая специализация на Ni, Co, Cr
1	Нижний архей (>3000)				

Примечание. 1, 2 – Бибилова и др., 1995, 1999; 3, 10 – Кожевников, 1992, 2000; 4 – Левченков, 2002; 5 – Лобач-Жученко и др., 1995; 6, 8 – Щипанский и др., 1999, 2001; 7 – Самсонов, 2000; 9 – Глебовицкий и др., 2000.

Продолжение табл. 1

№	Стратиграфическая шкала, рубеж	Геодинамическая обстановка, режим	Возраст, млн лет (ссылка)	Литология и магматический комплекс	Металлогеническая специализация
4. Восточно-Карельская зона. Авнеозеро-Парандовский зеленокаменный пояс: Тунгудско-Воингозерская, Парандовская, Авнеозерская структуры					
6	Верхний архей, лопий: L ₂ ² (2650–2700)	Континентальная коллизия	2671–2678 (5) 2600 (4)	Подужемский, Юковский к-сы: граниты (2671, 2678). Пегматиты. Плаггио-микроклиновые граниты и мигматит-граниты в обрамлении. Лобашский массив: лейкограниты, гранит-порфиры	Mo, Au-полиметаллическое
5	L ₂ ¹ (2700–2800)	Пулл-апарт (?)	2700 2740 2719,8±8,2 (1); 2790±19 (3); 2793±24 (3)	Идельский массив плаггиомикроклиновых гранитов Западно-Хижьярвинский к-с: пироксениты, сиениты. Тунгудская свита (2720): базальты, андезибазальты, андезиты, туфы. Охтинская толща: андезибазальты, андезиты. Окуневская свита: кварциты. Охтинский массив, гнейсо-граниты	
4	L ₁ ² (2800–2850)	Островодужная, окраинно-континентальная	2807,7±1,4 (2) 2801,3±3,6 (1)	Лобашский массив, гранодиориты. Шобинский, Кочкомской, Тунгудский к-сы: диориты, гранодиориты, габбро (?). Авнереченский к-с: дациты, риодациты (2801), их туфы, углеродсодержащие сланцы, карбонатсодержащие осадки	Mo, полиметаллическое, Au-S Вкрапленное колчеданное
3	L ₁ ¹ (2850–2900)	Островодужная, окраинно-континентальная		Комплекс гипербазитов. Идельская свита: базальты, андезибазальты, андезиты, дациты, риодациты, туфогенно-осадочная толща	Колчеданы, рассеянная Au-S минерализация
2	L ₁ ¹ (2900–3000)			Коматиты, базальты района Парандово	
1	Нижний архей (>3000)				

Примечание. 1 – Левченков и др., 2001; 2 – Беляцкий и др., 2002; 3 – Матреничев и др., 2000; 4 – Ларин, 1990; 5 – Чекулаев и др., 1997.

Продолжение табл. 1

№	Стратиграфическая шкала, рубеж	Геодинамическая обстановка, режим	Возраст, млн лет (ссылка)	Литология и магматический комплекс	Металлогеническая специализация
5. Западно-Карельская зона. Костомукшско-Гимольский зеленокаменный пояс					
6	Верхний архей, лопий: L ₂ ² (2650–2700)	Континентальная коллизия	2645±39 2675±8,5 (8); 2700 (7); 2720±20 (6)	Вокнаволоцкий блок: гранулиты Лейкограниты, пегматиты. Шурловаарский к-с: К-граниты и анатектиты, метасоматиты. Метасоматиты зон сдвиговых деформаций	Mo Au-кварцевая, Au-сульфидная
5	L ₂ ¹ (2700–2800)		2707±31 (2) 2720±15 (5) ? 2749±5 (4)	Раутаойский к-с: риодациты (геллефлинты). Таловейский к-с: диориты-гранит-порфиры, габбро. Костомукшский к-с гипербазитов. Гимольская серия, терригенно-осадочный к-с: конгломераты, железисто-кремнистая толща, биотит-амфиболовые сланцы, порфириты (2749)	Au-сульфидная Au-S, Au-S-кварцевая Магнетитовые руды
4	L ₁ ² (2800–2850)	Аккреционно-коллизийный. Островодужная	2795±29 и ±10 (1, 2), 2801±7 (3)	Плаггиограниты, тоналиты обрамления. Шурловаарская свита (2801, 2795): Na-K-дациты, риодациты, туфы	Магнетитовые и колчеданные руды, рассеянная Au-S минерализация
3	L ₁ ¹ (2850–2900)	Океаническое плато (1). Континентальный рифт (2)	2808±95 (2) 2843–2888 (1, 2)	Ниemiaрвинская свита (2808, 2798): толеитовые базальты Рувиновская свита (2843, 2880, 2888): базальты, коматиты, коматитовые и вариолитовые базальты, Na-дациты	
2	L ₁ ¹ (2900–3000)		(?)	Нюкозерская толща (?)	
1	Нижний архей (>3000)			Войничский комплекс: диориты, тоналиты. Вокнаволоцкий к-с: кристаллические сланцы	

Примечание. 1 – Puchtel et al., 1997b; 2, 6 – Лобач-Жученко и др., 2000a, б; 3 – Сергеев и др., 1990; 4 – Левченков, 2002; 5 – Samsonov et al., 1995; 7 – Бибикова, Крылов, 1983; 8 – Чекулаев и др., 1997.

Окончание табл. 1

№	Стратиграфическая шкала, рубеж	Геодинамическая обстановка, режим	Возраст, млн лет (ссылка)	Литология и магматический комплекс	Металлогеническая специализация
Юго-западное обрамление Карельского кратона. Зеленокаменный пояс Ялонвара-Хатту-Тулос					
6	Верхний архей, лопийский надгоризонт: L ₂ ² (2650–2700)	Коллизия (дуга – континент)	2700 (2)	Лейкограниты. Калиевые граниты и анатектиты. Метасоматиты зон сдвиговых деформаций.	Au-S, Au-S-кварцевые руды зон сдвиговых деформаций пояса Хатту (2700)
5	L ₂ ¹ (2700–2800)	Островодужная окраинно-континентальная	2725 2745–2757 (2) 2700 (3) 2754–2761 (2) 2770±50 (1)	Гранодиориты к-са Погоста (2725). К-с гранитов Куйтила (2745) . Гранодиориты Силвеваара (2757). Ялонварский к-с: диориты, гранит-порфиры. Ялонварская свита и к-с пород пояса Хатту (2754, 2761): андезиты, дациты, вулканогенно-осадочная толща. Суоярвский массив гранодиоритов	Au-S-кварцевое и Мооруденение (м-я пояса Хатту, Ялонвара). Колчеданно-полиметаллические руды. Au-S минерализация
4-1	L ₁ -AR (>2800–3000)				

Примечание. 1 – Макеев и др., 2000; 2 – Geological development..., 1993; 3 – Лобач-Жученко и др., 2000б.

Зеленокаменные пояса в обрамлении Ведлозерского геоблока. Верхнеархейские зеленокаменные пояса (Сумозерско-Кенозерский, Южно-Выгозерский, Сегозерско-Ведлозерский), наиболее древние в Карелии, обрамляют Восточно-Карельский геоблок (рис.) или находятся в его пределах (Маткалахтинский пояс). Его центральное, наиболее древнее ядро (>3,0 млрд лет) образовалось в результате глубинного приращения континентальной коры (Лобач-Жученко и др., 1999) и за счет гранитизации в до- и раннелопийское время. Сумозерско-Кенозерский, Южно-Выгозерский зеленокаменные пояса Восточно-Карельской подвижной области развиты по северному обрамлению рассматриваемой территории, Сегозерско-Ведлозерский – в западной ее части. Для них характерен широкий спектр коматиит-базальтовых и сменяющих их известково-щелочных формаций, сформированных в субдукционном режиме в различных геодинамических обстановках – рифтогенной, островодужной, задугового бассейна и более молодой наложенной дуги (Светов, 2004; Puchtel et al., 1999б).

В Сумозерско-Кенозерском и Южно-Выгозерском зеленокаменных поясах основные перспективы появления рассеянных концентраций золота связываются с каменноозерской и вождозерской свитами кислых – средних вулканогенно-осадочных пород, углерод- и карбонатсодержащими сланцами и кварцитами с горизонтами мышьяково-сульфидной минерализации и колчеданных руд. Эти толщи представляют собой возможный источник его сингенетичного накопления. Более высокие концентрации установлены в плагиогранитах Шилосского массива (2859 млн лет) и на контактах даек кварц-плагиопорфиров (2807 млн лет) в метабазальтах и различных по составу породах (проявления Заломаевского рудного поля) (Кулешевич, Костин, 2003). Подобные же проявления известны в ореоле Салмозерского и Вождо-

реченского массивов в южной части Каменноозерской структуры. С позднеархейской коллизией связано формирование главных СЗ и сопряженных ССВ зон разломов и сдвиговых деформаций, сопровождающихся низкотемпературными метасоматитами по породам различного состава, переотложением сульфидов и образованием золото-сульфидного или золото-сульфидно-кварцевого оруденения (Рыбозеро, Половнино, Золотые Пороги). В Каменноозерской структуре основными рудоконтролирующими структурами являются разломы СЗ и СВ простираний – Кумбуксинский, Каменноозерский, Вождореченский, Центральный, в Южно-Выгозерском зеленокаменном поясе – Выгский разлом и оперяющие его структуры более низкого порядка.

Формирование Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса (Хаутоваарская, Сайозерская, Койкарская, Корбозерская, Семченская, Эльмусская, Гармозерская, Остерская и другие структуры) носит длительный характер в режиме островодужном (двух генераций) и задугового бассейна. На аккреционной стадии благоприятными вулканогенно-осадочными толщами для накопления рассеянного золота являются виетукколампинская свита на нижних уровнях разреза и бергаульская, калаярвинская и кивилампинская – на более высоких уровнях, в их состав входят кислые и средние вулканиты, их туфы, полосчатая железистая формация и колчеданы. С ними установлена вкрапленная золото-сульфидная (в том числе арсенопиритовая) и полисульфидная минерализация в восточном борту Хаутоваарской структуры и на Эльмусской площади.

На коллизионной стадии в Ведлозерско-Сегозерском зеленокаменном поясе происходят последовательные внедрения син- и позднеорогенных интрузивов габбро-диоритов и гранитоидов: в Хаутоваарской структуре шуйского комплекса гранодиоритов (2850 млн лет), Чалкинского массива

гранитов (2744 млн лет) и Хаутоваарского монзонитов–граносиенитов (2670 млн лет), в северной части зеленокаменного пояса – габбро-диоритов Семченского массива (2840–2849 млн лет), гранодиоритов Орехозерского, Остерского, гранитов Гармозерского массивов, Сяргозерского и Паданского комплексов габбро–пироксенитов–сиенитов. К потенциальным рудопродуцирующим интрузиям на разных этапах эволюции магматизма относятся шуйский комплекс (по аналогии с Шилосско-Рыбозерским массивом), Гармозерский и Хаутоваарский массивы. Формирование Хаутоваарского и Гармозерского массивов сопровождается микроклиннизацией, кварц-серицитовыми метасоматитами, грейзенами с молибденит-кварцевыми и золото-сульфидно-кварцевыми жилами (проявление Центральное, Бергаул).

На коллизионном этапе развития особое значение для отложения золота приобретают субмеридиональные зоны расланцевания и метасоматического преобразования в восточном борту зеленокаменного пояса. Зоны выделены по интенсивно проявленной в различных по составу породах серицитизации, березитизации или лиственицитизации (Горошко, 1993). С ними связаны основные золото-сульфидные проявления Хаутоваарской структуры. Более сложную позднеархейскую и свекофеннскую историю имеет месторождение Педролампи в Эльмусской структуре, приуроченное к узлу пересечения субмеридиональной и СЗ ширзон. Оруднение локализуется в измененных базальтах и конгломератах семчереченской свиты и милонитах по ним вне какой-либо связи с границами.

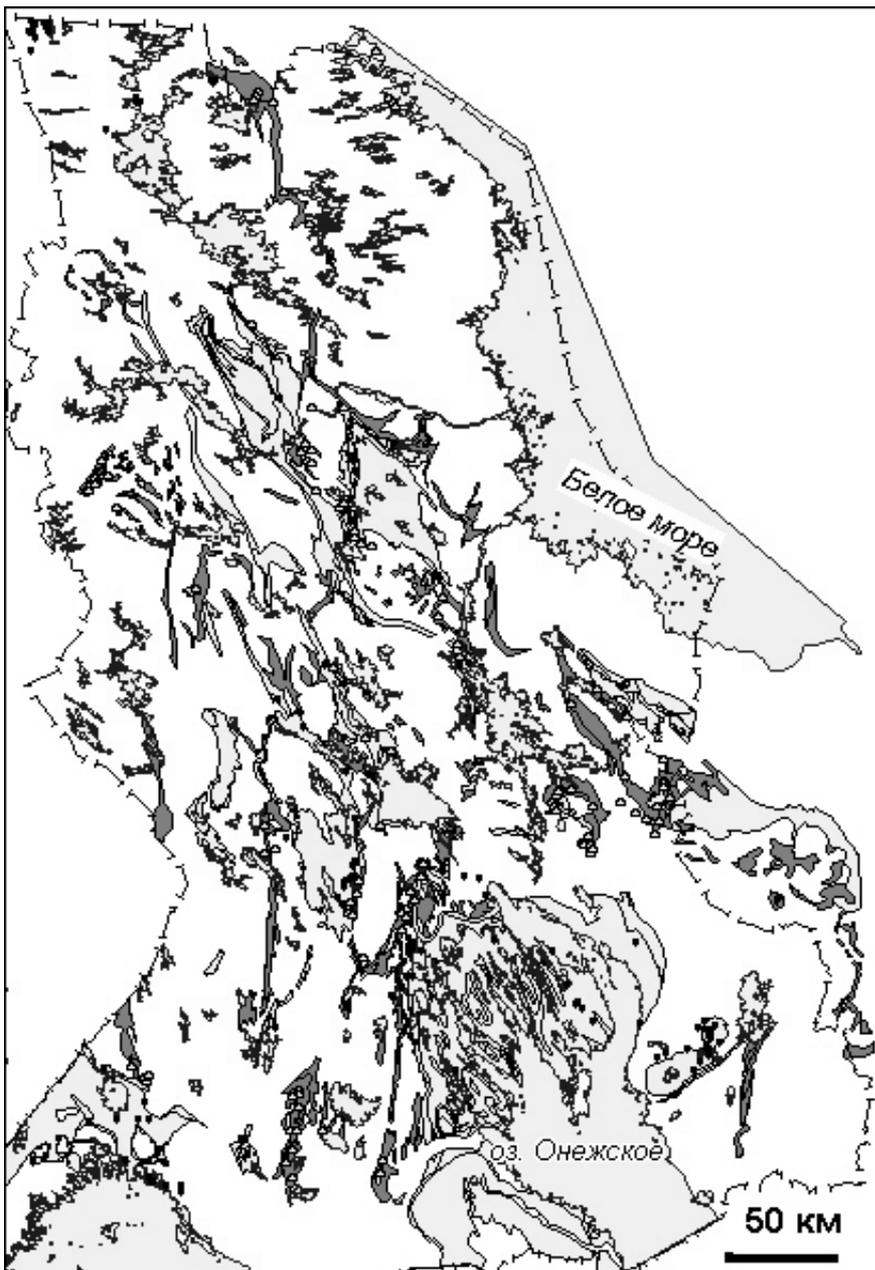


Схема размещения золоторудных месторождений и проявлений Карелии

Черные кружки – протерозойские проявления, серые – лопийские проявления. Светло-серые поля – протерозойские образования, темно-серые – лопийские, белые поля – гранито-гнейсовые и нерасчлененные области. Использован кадастр месторождений и проявлений золота Карелии (Леонтьев и др., 1997)

Беломорский складчатый пояс (БСП) сложен многократно деформированными и метаморфизованными породами, выделяемыми ранее как саамский комплекс или беломорская серия наиболее древних пород, гранито-гнейсов и мигматитов. В состав беломорской серии традиционно включаются керетская гранито-гнейсовая свита, хетоламбинская свита, представленная амфиболитами, амфиболовыми гнейсами, и чупинская свита, сложенная биотит-гранатовыми гнейсами, сланцами и мигматитами по ним. Современные исследования (Бибилова и др., 1995, 1999; Лобач-Жученко и др., 1995, 1998; Миллер и др., 1997; Глебовицкий, 2002; Слабунов и др., 2002; Глебовицкий и др., 2003;) позволяют представить складчатые образования Беломорья как область, развивавшуюся в режиме субдукции и объединившую различные обстановки: океанического плато (мафические толщи хетоламбинской свиты); аккреционной призм (осадочные породы, граувакки чупинской свиты); островной дуги ранней генерации с возрастом 2,82–2,88 млрд лет (керетская и хаттомозерская свиты); островной дуги и задугового бассейна поздней генерации с возрастом 2,7–2,8 млрд лет, сформировавшиеся на континентальной окраине (толщи Хизоваарской структуры). Комплекс пород верхнехизоваарской части разреза, где выделяются андезиты, риодациты, базальты, коматиты, бониниты, аренины, углеродсодержащие сланцы, колчеданы (Кожевников, 2000; Самсонов, 2000; Щипанский и др., 2001), отложился в интервале 2803–2705 млн лет.

Современный геологический срез БСП отвечает глубинным уровням амфиболитовой и гранулитовой фаций. Гранулитовый метаморфизм в геологических разрезах пояса связывается со стадией формирования зрелой островной дуги и моментом внедрения чарнокитов (2,72–2,71 млрд лет) и имеет возраст около 2,72–2,73 млрд лет, на севере – до 2,69 млрд лет (Глебовицкий и др., 2003). Основной этап гранитообразования (I-типа) приходится на 2740–2720 млн лет (Бибилова и др., 1995; Лобач-Жученко и др., 1998). Комплекс ТТГ прорывает и мигматизирует гнейсы и амфиболиты чупинской и хетоламбинской свит. Более поздние процессы (высокобарический метаморфизм, мигматизация и формирование коровых магматических очагов) связаны с этапом коллизии островной дуги и края древнего континента и датированы возрастом мелких тел гранитоидов в 2,68 млрд лет. В целом заключительный гранитный магматизм в БСП происходил в интервале 2,75–2,65 млрд лет с участием более древнего корового материала. Общая продолжительность беломорского цикла была около 200 млн лет (Глебовицкий и др., 2003). С деформациями коллизионного этапа в БСП связывается образование пегматитов и разнообразных метасоматитов.

Формирование вулканогенно-осадочных толщ, полосчатых железистых комплексов и углероди-

стых сланцев островодужных систем Керетской и Хизоваарской структур сопровождалось отложением небогатых колчеданных руд двух уровней (табл. 1). Сложная структурно-тектоническая и метаморфическая эволюция Беломорского пояса в позднем архее и палеопротерозое вызвала метасоматические изменения пород в условиях высоких T и P . Колчеданное оруденение в этих условиях претерпевает неоднократное переотложение и встречается уже как метаморфогенное вкрапленно-прожилковое в метасоматитах, в ореоле пегматитов и зонах деформаций (Кулешевич, 2005). Подобную природу имеет сульфидная минерализация в гнейсах чупинской свиты и в ореолах пегматитов, секущих их (Крупеник и др., 2000; Ахметов и др., 2001; Ручьев, 2002). С переотложенной сульфидной минерализацией, представленной в кислых, углеродистых и полосчатых железистых толщах пирротином, халькопиритом, арсенопиритом, связаны повышенные концентрации полиметаллов и золота в проявлениях Северной Карелии. К значительному концентрированию золота этот процесс не привел (Кулешевич и др., 1990; Слюсарев и др., 1991).

Зеленокаменные пояса Западно-Карельского геоблока. Для Западно-Карельского геоблока характерно более позднее заложение зеленокаменных структур, выполненных коматитами и базальтами (2,8–2,88 млрд лет), когда на восточной окраине КГЗО наиболее интенсивно протекал андезит-дацит-риолитовый вулканизм (2,8 млрд лет) и формировались вулканоплутонические гранитоидные системы. Сложная геодинамика развития Костомукшской структуры обсуждается в работах В. Н. Кожевникова (2000), С. Б. Лобач-Жученко (Лобач-Жученко и др., 2000а), И. С. Пухтеля и А. С. Самсонова (Пухтель и др., 1996; Samsonov et al., 1995, 1999; Puchtel et al., 1997b). По модели В. Н. Кожевникова, в западной части Костомукшской структуры существовало океаническое мафическое плато, в восточной надсубдукционной зоне сформировались окраинно-континентальная дуга и задуговый бассейн. Океаническое плато было частично обдуцировано на край континента. В результате последующих коллизионных процессов западный разрез структуры был совмещен с восточной областью, толщи деформированы, внедрились геллефлинты. С накоплением кислой вулканогенно-осадочной толщи шурловаарской свиты на аккреционной стадии развития связано отложение гидротермальной сульфидной минерализации, незначительно обогащенной золотом, типа проявления Рувинваара. Складчатые деформации и метаморфизм коллизионной стадии (ранней и поздней) сопровождалась последовательным внедрением гранитоидов: ТТГ в обрамлении структуры, таловейским комплексом (2,72 млрд лет) и затем К-гранитами (~2,7–2,68 млрд лет).

Основные перспективы обнаружения золотого оруденения в Костомукшской структуре связаны

с небольшими внутрискруктурными штоками и дайками таловейского комплекса, представленными диоритами – гранит-порфирами (санукитоидами). Золотосульфидная вкрапленная и штокверковая минерализация локализуется в зонах березитизации в их апикальной части, а золото-кварцевые жилы – в зонах ССВ линейных деформаций. Микропорфировые тела раутаойского комплекса (2707 млн лет) прорывают гимольскую серию. Зоны расланцевания в них и во вмещающих биотит-полевошпатовых сланцах и железистых кварцитах на их контакте сопровождаются турмалин-кварц-слюдистыми метасоматитами и золото-арсенидно-сульфидной минерализацией. Формирование К-гранитов вызвало наиболее интенсивные изменения пород (микроклинизацию, биотитизацию). Метасоматиты субмеридиональных зон деформаций сопровождаются поздним золото-кварцевым жильным и золото-сульфидным вкрапленным оруденением, а также переотложением всех типов рудной минерализации (Кулешевич, 2002, 2004).

Авнеозерско-Парандовский зеленокаменный пояс. Особый геологический разрез, характер магматизма и металлогении и, соответственно, стиль развития установлен в Авнеозерско-Парандовском зеленокаменном поясе. Для этого пояса следует отметить слабую отдатированность вулканогенно-осадочных и магматических комплексов и отсутствие геохронологических данных по основным реперным интрузивным формациям. Реликты более древних частей разреза известны в Парандовской структуре в юго-восточной части зеленокаменного пояса, где развиты коматииты, базальты, вулканогенно-осадочные породы кислого-среднего состава идельской свиты, полосчатые сульфид- и углеродсодержащие толщи и колчеданные руды, незначительно обогащенные золотом. В районе Авнеозера нижняя часть разреза представлена амфиболитами по базальтам, в верхней части доминируют вулканогенно-осадочные толщи, кислые вулканиты (2801,3 млн лет), полосчатые карбонатсодержащие и железисто-кремнистые осадки, углеродистые сланцы с сульфидной минерализацией. Для западной части зеленокаменного пояса характерно формирование более молодых островодужных ассоциаций (2,8–2,7 млрд лет), возникших на континентальной окраине, и несогласно перекрывающих их толщ вулканитов, осадков и конгломератов, накапливающихся в бассейне сдвиговой природы (типа пулл-апарт). Он заложился в позднем архее и продолжал развиваться в протерозое. Отложения пулл-апарта представлены кварцитами окуневской свиты, туфами, известково-щелочными базальтами и андезибазальтами тунгудской свиты (2720 млн лет), ранее относимыми к сумию, а затем – кварцевых порфиров сумия и конгломератов сариолия. В Тунгудско-Воингозерской структуре разрез представлен базальтами,

андезитами, их туфами, туффитами, кислыми средними вулканитами.

С коллизионным этапом развития Авнеозерско-Парандовского зеленокаменного пояса сопряжено внедрение разнообразных гранитоидов и порфировых даек. Возраст Идельского гранитного массива – около 2,7 млрд лет, несколько моложе К-граниты и метасоматиты. Возраст Охтомозерского комплекса 2,68 млрд лет. Граниты, гранит-порфиры, лейкограниты сопровождаются прожилково-вкрапленным молибденитовым оруденением. В зонах расланцевания в ореоле Кочкомского массива фиксируются повышенные концентрации золота в ассоциации с вкрапленной полисульфидной минерализацией. В Панозерском и Тунгудском блоке доминирует ТТГ комплекс. В Тунгудско-Воингозерской структуре широко развиты разнообразные дайки (габбро, плагиопорфиров, гранодиоритов) и тела гранитов. Лобашский массив гранодиоритов, гранитов–лейкогранитов (2807,7 и 2600 млн лет, Ларин, 1900; Левченков и др., 2001) сопровождается медно-молибденовым оруденением. В зональности с ним сформировались золото-полисульфидные (с Bi , Te) руды, локализованные на контактах даек плагиопорфиров. Окончательное формирование оруденения завершилось на свекофенском этапе (возраст руд по галениту 1870–1800 млн лет).

С коллизионными этапами развития зеленокаменного пояса в позднем архее и раннем протерозое связано формирование субмеридиональных зон расланцевания позднеархейского, а затем в протерозое – СЗ зон свекофенского возраста. Эти деформации сопряжены с коллизией Карельского кратона и БСП. Металлогеническая специализация Авнеозерско-Парандовского зеленокаменного пояса отличается от зеленокаменных поясов обрамления Водлозерского блока появлением руд Mo , Cu , Pb , Zn , Bi , Te , Au , Ag , что дополнительно указывает на образование вулканической дуги на окраине континента (т. е. уже на сиалической коре).

Зеленокаменные пояса на юго-западной границе Карельского кратона имеют более молодой возраст, и развивались они как островодужные и задуговые системы над зоной субдукции СВ направления в сравнительно короткий промежуток времени (2,76–2,7 млрд лет). На территории Карелии и Финляндии к ним относится Ялонвара-Хатту-Тулосский зеленокаменный пояс и Кухмо-Суомуссалми. В составе ялонварской свиты преобладают вулканиты среднего – кислого состава (островодужные ассоциации), флишоидные осадки, конгломераты, развито колчеданно-полиметаллическое оруденение. Возраст пород пояса Хатту – 2761–2754 млн лет, источник вещества несколько древнее. На коллизионной стадии (островная дуга – континент) они деформируются и прорываются комплексом ТТГ (Geological..., 1993): на тер-

ритории Карелии – Ялонварским массивом, в Финляндии – Силвеваара (2757 млн лет), Куйттила, Хасанваара (2745–2748 млн лет) и Погоста (2725 млн лет). В состав пояса Кухмо-Суомуссалми (Luukkanen, Lukkarinen, 1986) входят две группы пород (древнее 2,75 и 2,75–2,5 млрд лет), они секутся ТТГ комплексом и порфиroidными К-гранитами (2678 и 2596 млн лет). Возраст гранулитового метаморфизма около 2,65 млрд лет.

Благоприятными для первичного накопления рассеянного золота на территории Карелии являются породы ялонварской свиты с колчеданно-полиметаллическими рудами, тогда как для последующей локализации на коллизионной стадии наиболее значение приобретает ялонварский комплекс и метасоматиты в СЗ и субмеридиональных сдвиговых зонах и оперяющих их смещениях. На территории Финляндии золоторудные месторождения связаны с комплексами Куйттила и Силвеваара (2,76–2,72 млрд лет) и приурочены к зонам расланцевания вблизи их контактов. Месторождения

пояса Хатту имеют позднеархейский возраст ~2,7 млрд лет (по галенитам и другим сульфидам, Geological..., 1993), хотя встречаются и более молодые датировки – 1,8 млрд лет, связанные со свекофенскими процессами.

Геодинамические обстановки магматизма и формирования вещественного состава рудовмещающих комплексов в протерозое

Исследования протерозойских рифтогенных, орогенических и платформенных образований Карелии позволяют проследить эволюцию протерозойского магматизма и осадкообразования (Хейсканен и др., 1977; Хейсканен, 1980, 2001; Светов и др., 1990; Голубев и др., 1999; Рыбаков и др., 2000; Голубев, 2001), выделить наиболее благоприятные для отложения золота рудовмещающие комплексы и систематизировать возможные обстановки его накопления в этот период (Голубев, Кулешевич, 2001; табл. 2, рис.).

Таблица 2

Основные геологические и металлогенические события на Карельском кратоне и в его обрамлении в палеопротерозое

№	Стратиграфическая шкала, рубеж	Геодинамическая обстановка, режим	Возраст, млн лет (ссылка)	Литология и магматический комплекс	Металлогеническая специализация
Куола-Выгозерская рифтогенная зона. Лехтинская и Гайкольская структуры					
4	Людиковийский надгоризонт Суйсарский горизонт 1960–1920	Рифтогенный режим		Гайкольский к-с перидотитов, пироксенитов, габбро. Гайкольская и черноваракская свиты, к-с пикрито-базальтово-сланцевый	МПГ минерализация
	Заонежский горизонт 2100–1960			К-с габбро-долеритовых даек	Титаномагнетитовая и Си минерализация
3	Ятулийский надгоризонт 2100–2300	Внутриконтинентальный бассейн		Вильямлампинская свита, терригенно-карбонатный к-с: осадки, карбонаты. Летнеозерская серия, базальт-терригенный к-с: базальты, кварциты, песчаники. Шуезерская свита, базальт-терригенный к-с: базальты, кварциты, песчаники, кварцевые конгломераты	Cu Au в конгломератах
2	Сариолийский надгоризонт 2300–2400	Пулл-апарт		Пайозерская, косоозерская, ватулминская свиты, терригенно-андезибазальтовый к-с: андезибазальты, туфоконгломераты, карбонатсодержащие туфы . Железно-воротинская свита: кварцевые конгломераты	Cu минерализация, Au-S в наложенных шир-зонах . Au в кварцевых конгломератах
1	Сумийский надгоризонт 2400–2550	Орогенный режим, островная дуга на окраине континента	2443–2448, 2420±45 (1, 2, 3)	Ожиярвинская свита, дацит-риодацитовый к-с (2443, 2448): дациты, риолиты, туфы	Au-S минерализация в березитах, Au-S-кварцевое оруденение в шир-зонах

Примечание. Жирным шрифтом выделены рудовмещающие комплексы, базовые и золоторудные формации. № – порядок общих в продолжениях таблицы. Ссылка: 1 – Тугаринов, Бибилова, 1980; 2 – Кратц и др., 1976; 3 – Левченков и др., 1994.

Продолжение табл. 2

№	Стратиграфическая шкала, рубеж	Геодинамическая обстановка, режим	Возраст, млн лет (ссылка)	Литология и магматический комплекс	Металлогеническая специализация
Онежская эпикратонная впадина и Прионежский прогиб					
7	Вепсийский надгоризонт 1760–1800	Континентальный рифт. Осадочный бассейн	1770	Ропручейский к-с: габбро-долериты Терригенный к-с, шокшинская и петрозаводские свиты	
6	1800–1850				
5	Калевийский надгоризонт 1850–1920 1920–1950	Континентальный рифт Внутриконтинентальная впадина		Виданский к-с: пикриты, базальты Сланцево-терригенный флишевый к-с: падоская и кондопожская свиты	
4	Людиковийский надгоризонт. Суйсарский горизонт 1950–2000 Заонежский горизонт 2100–2000	Рифтогенный. Наложённые внутриконтинентальные впадины	1975±24 1974–2013 (3, 4)	Кончезерский силл Суйсарский к-с: пикрито-базальты, габбро-перидотиты Заонежская свита: карбонатно-сланцево-базальтовый к-с	Титаномагнетитовые руды с МПП Au-содержащие U-V руды с МПП и Au
3	Ятулийский надгоризонт 2100–2300	Внутриконтинентальный бассейн	2186±68 (3)	Пудожгорский и Койкарский к-сы долеритов. Туломозерская свита, терригенно-карбонатный к-с: осадки, карбонаты. Терригенно-базальтовый к-с: кварциты, песчаники , базальты. Базальтово-терригенный к-с: базальты, осадки	Cu, Cu-песчаники Au-содержащие
2	Сариолийский надгоризонт 2300–2400	Пулл-апарт		Селецкая и палеозерская свиты: терригенно-осадочная толща	
1	Сумийский надгоризонт 2400–2550	Мантйный плюм, континентальный рифтогенез, трансформные разломы	2449±0,1 (1) 2372±22; 2433±28 (2)	Рагнозерский к-с: монцодиориты, граниты. Кумсинский, сондальский к-сы: андезибазальты, конгломераты Бураковско-Аганозерский к-с: перидотиты, пироксениты, габбро-нориты (2372, 2433, 2449)	Хромитовые руды, МПП, Ni, Au-содержащие

Примечание. 1 – Amelin et al., 1995; 2 – Chistyakov et al., 1999; 3 – Беляцкий и др., 2002; 4 – Пухтель и др., 1995.

Продолжение табл. 2

№	Стратиграфическая шкала, рубеж	Геодинамическая обстановка, режим	Возраст, млн лет (ссылка)	Литология и магматический комплекс	Металлогеническая специализация
Куола-Выгозерская рифтогенная зона. Структура Ветреного Пояса					
4	Заонежский горизонт 2100–2000	Рифтогенный		К-с даек габбро-долеритов	
3	Ятулийский надгоризонт 2100–2300	Внутриконтинентальный бассейн		Кожозерская свита: базальты, осадки, карбонаты. Токшинская свита: базальты, кварциты, песчаники	Cu
2	Сариолийский надгоризонт 2300–2400	Внутриконтинентальная впадина		Калгачинская свита: терригенно-осадочная толща	
1	Сумийский надгоризонт 2400–2550	Мантйный плюм, континентальный рифтогенез, трансформные разломы	2437 2387–2432 (1–3)	Киричская свита: андезибазальты. К-с Ветреного Пояса: пикриты, перидотиты, оливиниты, пироксениты, габбро. Виленгская свита: терригенно-сланцевые толщи, углеродистые сланцы	

Примечание. 1 – Puchtel et al., 1997a; Пухтель и др., 1999; Куликов и др., 2002.

Продолжение табл. 2

№	Стратиграфическая шкала, рубеж	Геодинамическая обстановка, режим	Возраст, млн лет (ссылка)	Литология и магматический комплекс	Металлогеническая специализация
Куола-Выгозерская рифтогенная зона. Пана-Куолаярвинская и Кукаозерская структуры, р-н Тикшезера					
7	1760–1800			Ниваярвинский к-сы: лейкограниты, пегматиты	
6	1800–1850			Граниты на территории Финляндии	
5	1850–1950	Континентальный рифт	1850; 1881 1750–1770 (4)	Тикшезерский к-с щелочно-ультраосновных пород. Карбонатиты	Карбонатиты, апатит, РЗЭ, МПГ
4	Людиковский надгоризонт 2100–1950. Суйсарский горизонт 1950–2000. Заонежский горизонт 2000–2100	Рифтогенный		Куолаярвинский к-с: габбро-перидотиты. Ханкусьярвинский и Кукаозерский к-сы: перидотиты. К-с габбро-долеритов. Куолаярвинская, кайлорская, хоси-ярвинская, хирвинаволокская свиты, карбонатно-сланцево-базальтовый к-с	U, Cu, Au-S-кварцевое в шир-зонах
3	Ятулийский надгоризонт 2100–2300	Внутриконтинентальный бассейны		Юрхямьярвинская свита, терригенно-карбонатный к-с: осадки, карбонаты. Ниллутиярвинская и кукаозерская свиты, терригенно-базальтовый к-с: кварциты, песчаники, базальты. Ниваярвинская и кукаозерская свиты, базальтово-терригенный к-с: базальты, осадки	Cu минерализация
2	Сариолийский надгоризонт 2300–2400	Эпиконтинентальная впадина, рифтогенный		Апаярвинская и соткойвинская свиты, пикрит-андезибазальтовый к-с	Au-S-кварцевое и Au-кварцевое в наложенных шир-зонах
1	Сумийский надгоризонт 2400–2550	Островная дуга на окраине континента. Мантийный плюм. Континентальный рифтогенез, трансформные разломы	2432 (3) 2449 (3) 2440–2446 (1, 2)	Миноваракская свита, дацит-риолитовый к-с. Койгерско-Нуоруненский к-с монцодиоритов-гранитов. Олангский к-с перидотитов, пироксенитов, габбро-норитов	Ni, титаномагнетитовые руды, МПГ, Au-содержащие

Примечание. 1 – Барков и др., 1991; 2 – Amelin et al., 1995; 3 – Левченков и др., 1994; 4 – Беляцкий и др., 2000.

Продолжение табл. 2

№	Стратиграфическая шкала, рубеж	Геодинамическая обстановка, режим	Возраст, млн лет (ссылка)	Литология и магматический комплекс	Металлогеническая специализация
Свекофеннская орогенная область (Раахе-Ладожская зона). Юго-западная Ладожская островодужная, Северо-Ладожская окраинно-континентальная и Вяртсельско-Туломозерская структуры					
7	Вепсийский надгоризонт 1790	Посторогенные	1790 1775±65 1808±47 (7)	Маткасельский к-с лейкогранитов и пегматитов. Сиениты (Элисенваара). Вуоксинский массив (монзониты)	
6	1800–1850	Орогенный, коллизия	1856 (6)	Мигматит-граниты. Тервусский к-с (граниты)	
5	Калевийский надгоризонт 1850–1950	Орогенный, коллизия	1864–1878 1870±25 1881±6,7 (1, 5, 6); 1885 (1, 3)	Лауватсарский к-с (1864, 1878) К-с Импиниemi (1870, 1871): тоналиты, гранодиориты. Куркиекский к-с: нориты, эндербиты Суйстамский к-с: габбро (1885, 2850±90), тоналиты-гранит-порфиры. Кааламский и Велимякский к-сы (1888, 1891; 1888–1891,7): пироксениты, габбро, диориты. Ханукский к-с: трахиты, андези-базальты, андезиты, дациты и их туфы Хитольско-лахденпохский к-с, Ладожская серия (турбидиты): слюдистые и черные сланцы наатсельской и пялкьярвинской свит	Au-S минерализация штокверковая, Au-S-кварцевая в шир-зонах МПГ Вкрапленная сульфидная минерализация Вкрапленная сульфидная минерализация
		Островодужная	1888,3±5,2 1891,7±5,2 (2)		
		Пассивная континентальная окраина			

№	Стратиграфическая шкала, рубеж	Геодинамическая обстановка, режим	Возраст, млн лет (ссылка)	Литология и магматический комплекс	Металлогеническая специализация
4	Людиковийский надгоризонт 1920–1950 Суйсарский горизонт 1950–2000	Рифтогенный	1963±19 (1)	Офиолитовый к-с (Финляндия): базальты, габбро К-с пикрито-базальтов (вуоринская свита) Габбро (Сортавала)	Ni, Cu, Co
	Заонежский горизонт 2000–2100	Окраинно-континентальный прогиб		Питкярантская свита: карбонаты, базальты Соанлахтинская свита: карбонаты, базальты	
3	Ятулийский надгоризонт 2100–2300	Внутриконтинентальный бассейн		Туломозерская свита, терригенно-карбонатный к-с: осадки, карбонаты. Терригенно-базальтовый комплекс: базальты, кварциты	
1–2	2300–2550				

Примечание. 1 – Балтыбаев и др., 2000; 2 – Беляцкий и др., 2002; 3 – Конопелько и др., 1999; 4 – Богачев и др., 1999; 5 – Левченков и др., 1997; 6 – Глебовицкий и др., 2001; 7 – Конопелько и др., 1996.

Окончание табл. 2

№	Стратиграфическая шкала, рубеж	Геодинамическая обстановка, режим	Возраст, млн лет (ссылка)	Литология и магматический комплекс	Металлогеническая специализация
Беломорская складчатая область					
7	1760–1800	Посторогенный	1780–1860	Чупинский к-с: пегматиты	
6	1800–1850	Позднеорогенный, коллизионный		Граниты, метаморфические комплексы	Керамическое сырье, слюда, гранат, кианит, Рассеянная метаморфогенная Au-S мин-я
5	1850–1950	Коллизионный			
4	1950–2100	Рифтогенный		Дайки ультрабазитов	
3	Ятулийский надгоризонт 2100–2300	Рифтогенный	2115±25 (4)	Дайковый к-с: коронитовые габбро	
2	Сариолийский надгоризонт 2300–2400				
1	Сумийский надгоризонт 2400–2550	Орогенный. Континентальный рифтогенез	2415–2450 (2, 3) 2420–2460 (1)	Вичанский к-с: граниты-чарнокиты (2415, 2432, 2438, 2425–2450). Куземский к-с и др.: лерцолит-габбро-нориты (2420, 2433, 2435, 2460)	Ni, титаномагнетитовые руды, МПГ (Au-содержащие)

Примечание. 1 – Слабунов и др., 2000; 2 – Шемякин, 1976; 3 – Злобин и др., 2005; 4 – Степанова, 2004.

Протерозойские структуры на Карельском кратоне. Сумийско-сариолийский этап развития. Для этого этапа характерно заложение крупной СЗ рифтогенной Куола-Выгозерской зоны вдоль СВ окраины Карельского кратона, включающей Ветреный Пояс, Лехтинскую и Пана-Куолаярвинскую структуры. На территории Финляндии и севере Норвегии продолжением этого рифта является Лапландский зеленокаменный пояс. Сопряженно формируются рифтогенные впадины в центральной части Карельского кратона – Онежская, Елмозерская и другие и зоны трансформных разломов СВ простирания (Щеглов и др., 1993; Металлогения Карелии, 1999). Трансформные разломы определили внедрение Бураковско-Аганозерского и Олангского расслоенных интрузивов перидотитов-габбро-норитов (2449–2450 и 2442–2446 млн лет) и лерцолит-габбро-норитового комплекса (2433–2460 млн лет) в Беломорской складчатой области.

На севере Карелии на границе БСП и Карельского кратона в пределах Лехтинской и Куолаярвинской площадей сохраняется орогенный режим (Хейсканен и др., 1977). В сумийское время происходит излияние кислых лав и внедрение субвулканических порфиров (риодацитов К-Na-серии) ожиярвинской и минаваракской свит (2432–2448 млн лет), накопление игнимбритов, туфов и туффитов. В СЗ Карелии формируются интрузии монцодиоритов-гранитов Койгерско-Нуоруненского комплекса (2449 млн лет). В западной части БСП на глубинных уровнях происходит внедрение чарнокитов Вичанского комплекса (2415–2432 млн лет). В северо-восточной части Карельского кратона в Лехтинской структуре, заложившейся как пулл-апарт еще на коллизионном этапе в позднем архее, накапливаются известково-щелочные базальты, андезибазальты, агломераты, миндалекаменные и пузырьстые лавы, туфы и туффиты, косо-

слоистые осадки, кварцевые и полимиктовые конгломераты (молассовая формация сариолия).

Металлогенические перспективы сумийских расчлененных перидотит-пироксенит-габбро-норитовых интрузий определяются генетически связанными с ними хромитовыми, титаномагнетитовыми, сульфидно-медно-никелевыми рудами и МПГ. Золото в них является сопутствующим платинометалльному оруденению. С сумийскими субвулканическими телами кварц-плаггиопорфиров Лехтинской структуры и зонами гидротермальных изменений в них и вблизи их контактов связано формирование небольших золоторудных проявлений.

В связи с протерозойской (1,9–1,8 млрд лет) коллизией Карельского кратона и БСП в Лехтинской структуре особое значение приобретают СЗ зоны деформаций, метасоматического преобразования и развития кварцевых жил как в кварцевых порфирах, так и в других породах верхних стратиграфических уровней.

Формирующийся на сариолийском этапе терригенный комплекс объединяет полимиктовые и кварцевые конгломераты, вулканогенный – андезибазальты селецкой, палеозерской, калгачинской, косозерской, ватулминской, пайозерской и других свит. Золоторудная минерализация в этих породах установлена в связи с накоплением сульфидсодержащих кварцевых конгломератов железноротинской свиты, которые отлагались на границе области развития кварцевых порфиров в Лехтинской структуре. Сариолийские андезибазальты имеют медную геохимическую специализацию. И только в связи с наложением СЗ сдвиговых зон деформаций и метасоматоза в них и их туфах появляются золоторудные проявления (такие, например, как Колгевара).

Ятулийский этап развития. Накопление терригенно-базальтовых комплексов ятулия продолжается во внутрикратонных троговых прогибах. Несмотря на то что ятулийский бассейн охватывал почти всю территорию Карелии, центры эндогенной активности (вулканизма) были сосредоточены в пределах СЗ зон разломов, совпадающих с направлением заложения более ранней тектонической системы лопия и сумия. Породы ятулийского надгоризонта представлены чередованием кварцевых конгломератов, кварцитов, песчаников, сланцев, базальтов и их туфов. В верхних частях разрезов отлагаются карбонатные горизонты тулодозерской свиты. Архейское и раннекарельское основание служило источником для ятулийских осадков. Наиболее благоприятными для совместного накопления тонкодисперсного россыпного золота и урана в этот период оказываются русловые и придельтовые фации кварцевых галечников, метаморфизованные в последующих процессах (Негруца, 1990). При совмещении первичных литологических обстановок отложения и участков структурно-стратиграфических несогласий с зонами сдвиговых деформаций свекофеннского возраста, благоприятных для поступления гидротермальных растворов и развития метасоматических преобразований, создаются

узлы, благоприятные для переотложения и привноса полезных компонентов – золота, урана, меди, кобальта. Формируются Au-U и Cu-Au-U залежи (проявления Маймьярви, Ятулий-1, Риговарака, Кичу-Лампи, Светлое, Пальезерское, Черный Наволок и др.). Зоны сдвиговых деформаций, связанные с блоковой неоднородностью кристаллического фундамента, обеспечивали поступление глубинных флюидов.

Для базальтового магматизма ятулийского надгоризонта характерна медная металлогеническая специализация. В осадках на участках, приближенных к вулканическим центрам, формируются медистые песчаники (проявление Воронов Бор и др.). Оруденение в них имеет гидротермальный вулканогенно-осадочный генезис. Халькопиритовым и борнит-халькозиновым рудам присущи низкие фоновые содержания золота. Тем не менее в медистых песчаниках фиксируются его повышенные концентрации, что может быть благоприятным фактором при переотложении золота в более поздних процессах. В связи с этим медистые песчаники представляют интерес как золотосодержащие породы.

С зонами складчато-разрывных деформаций свекофеннского возраста связано формирование собственно золоторудных жильных месторождений – золото-кварцевых и золото-сульфидно-кварцевых. Жилы развиваются в различных породах – осадочных и базальтовых толщах, дайках габбро-диабазов и альбититах (месторождение Майское, Воицкое, Шуезерское, Колос и др.). Для этих проявлений связь с гранитоидами не устанавливается либо предполагается (Майское).

Людиковийский и калевийский этапы развития. На людиковийском этапе развития области эндогенной активности и осадкообразования Карельского кратона ограничиваются юго-западной, северо-западной и северо-восточной окраинами – территориями Приладожья, Ветреного Пояса, Онежской, Пана-Куоляярвинской и Кукаозерской структурами. В Онежской внутриконтинентальной структуре в людиковии устанавливается рифтогенный режим: накапливаются породы заонежской свиты (углеродистые сланцы, карбонаты), которые прорываются габбро-долеритами с возрастом 2160–2060 млн лет, и суйсарский комплекс, представленный пикрито-базальтами и интрузиями габбро-перидотитов (1974–2013 млн лет). Разрез завершается отложениями сланцево-терригенно-флишевых комплексов падосской и кондопожской свит и пикрито-базальтами виданского комплекса калевия. В Северо-Ладожской морской окраинно-континентальной области отложения питкяррантской и соанлахтинской свит ятулийского надгоризонта сменяются пикрито-базальтами вуоринской свиты и прорываются интрузиями габбро.

Образования собственно золоторудных проявлений на этом этапе не происходит, однако с углеродистыми сланцами отлагается сульфидная минерализация с высоким геохимическим фоном различных элементов: Co, Cu, Ti, V, Ag, Au. Эта минерализация

представляет интерес как источник рассеянного золота. На свекофенском этапе в результате блоковых перемещений в кратоне по зонам СЗ складчато-разрывных дислокаций в Онежской структуре происходят интенсивные метасоматические изменения, дополнительный привнос Au, U, Cu, Pd, Pt, Se, Te, Mo и формируются залежи благороднометаллических уран-ванадиевых руд Падминской группы (золотосодержащих).

В *вепсии* в Онежской структуре накапливаются осадки шокшинской и петрозаводской свит, внедряется ропручейский силл габбро-долеритов. Комплексы этих пород не являются продуктивными на золото.

Ладожско-Ботническая зона. Свекофенский этап развития. Юго-западная часть территории Карелии (Приладожье) является составной частью свекофенского складчатого пояса, сформировавшегося на границе Карельского кратона и протерозойской океанической области, выделяемой как Ладожско-Ботническая (или Раахе-Ладожская) зона. В геодинамическом плане эта региональная структура прошла полное развитие от рифтогенной до орогенной стадии и была причленена в конце раннего протерозоя к Карельскому кратону (Raаhe-Ladoga zone, 1999). Наиболее ранним в Раахе-Ладожской зоне является океанический комплекс офиолитов Юрмуа и Оуткумпу (1950–1960 млн лет), с которыми связано накопление Ni, Cu, Co. В результате общего перемещения протерозойской океанической плиты, а затем и новообразованных аккреционных комплексов свекофенид на северо-восток субдукция океанической коры под Карельский кратон завершается образованием островодужных, окраинно-континентальных и коллизионных комплексов пород (Gaal, 1990). При этом происходит частичная обдукция офиолитов на Карельский кратон.

На ранней островодужной стадии (1920–1900 млн лет) образуются ассоциации кислых – средних вулканитов, вулканогенно-осадочных пород, слюдяных сланцев, основных вулканитов, имеющие некоторые специфические черты в каждой из выделяемых последовательностей пород (Helovuori, 1979; Kuosa et al., 1994). На аккреционной стадии образовались медно-свинцово-цинковые руды (золотосодержащие) провинций Виханти – Пюхасалми в Финляндии и района Шеллефте (Швеция) и такие крупные месторождения, как Виханти, Пюхасалми, Мулликораме, Кангасъярви, Хяллимьяки, Шеллефте. Рифтинг окраинных зон привел к мантийному мафическому магматизму с характерной никелевой специализацией в провинции Коталахти (1880–1890 млн лет). Последующие за вулканизмом коллизионные процессы сопровождались складчатостью, деформациями, внедрением син- и позднекинематических интрузий. Ранние тоналиты – гранодиориты имеют возраст 1930–1900 млн лет. Далее в интервале 1890–1850 млн лет следует широкий спектр интрузий габброидов, гранодиоритов, эндербитов, монцонитов – сиенитов. К интрузивам, наиболее близким по времени

образования золоторудной минерализации, в Раахе-Ладожской зоне относится комплекс Осиконмяки (диоритов, тоналитов, гранодиоритов, плагиопорфиров Осиконмяки, Кяковеси, Тиенпа, Куопса, Сало-саари, Савонлинна; Nurmi, 1984), имеющий возраст 1890–1840 млн лет. С ними связан как порфировый тип месторождений (Mo, Cu, Au), так и структурно-контролируемых золото-сульфо-арсенидных в зонах рассланцевания. Завершает формирование Раахе-Ладожской зоны внедрение К-гранитов, лейкогранитов, пегматитов (1840–1800 млн лет) и посторогенных монцонитов – граносиенитов (1820–1800 млн лет). Формирование этой СЗ региональной сутуры на коллизионном этапе сопровождалось сдвиговыми деформациями более низкого порядка, наиболее благоприятными для отложения золота.

На территории России в Ланденпохско-Выборгской и Западно-Ладожской областях Карелии в калевийский период формируется хитольско-лахденпохский островодужный комплекс осадочно-вулканогенных пород (1,92–1,9 млрд лет). На коллизионной стадии внедряются лауватсарский комплекс диоритов – тоналитов (1864 млн лет), куркиекский – норитов и эндербитов (1871 млн лет), позднее – граниты Тервусского массива (1856 млн лет), сиениты и мигматит-граниты, на посторогенной стадии – Вуоксинский массив (1808±47 млн лет; Конопелько и др., 1996). Этой глубоко эродированной территории присущ высокий метаморфизм и отсутствие значительных скоплений рудного вещества. Северо-Ладожская зона, в отличие от западной, развивалась на континентальном склоне Карельского кратона. В южной ее части в обрамлении гранитных куполов (выступов архейского основания) отлагались породы питкярентской и соанлахтинской свит, параллелизуемые с заонежской свитой людиковийского надгоризонта. В северной окраинно-континентальной ее части накапливались турбидитовые осадки ладожской серии (около 1,92–1,9 млрд лет), в юго-западной – породы островодужных ассоциаций ханукского комплекса (трахиандезитобазальты, андезиты, дациты). На ранней фазе свекофенского орогенеза здесь внедрились массивы габбро-диоритов (Кааламский, Мякисало, Велимяки), имеющие возраст 1888,3±5,2 млн лет (Кааламо), 1891,7±4,9 млн лет (Велимяки), диориты, тоналиты, плагиогранит-порфиры (Теньярви, Импиниemi, Пиенсуонсаари), гранодиориты (Сурри-Рюттю), тоналиты и гранит-порфиры суйстамского комплекса (Богачев и др., 1999; Конопелько и др., 1999; Беляцкий и др., 2002).

Образование вулканогенно-осадочных толщ, углеродистых сланцев ладожской серии и силлов кислого-среднего состава сопровождалось накоплением вкрапленной сульфидной минерализации. С внедрением малоглубинных интрузивов тоналитов и гранит-порфиров суйстамского комплекса связана золото-сульфо-арсенидная и золото-сульфидно-кварцевожильная минерализация (проявления Алатту, Пякюля; Артамонова и др., 1989; Иващенко и др., 2001, 2004). Оруденение локализуется в зонах дефор-

маций СЗ, субмеридионального и СВ направлений в гранитоидах и вблизи их контактов.

На позднеорогенной стадии (1850–1800 млн лет) на территории Северного Приладожья формируются купольные структуры, мигматит-граниты, внедряются граниты, посторогенные лейкограниты и пегматиты. С гранитообразованием этого периода связано образование скарнов с комплексными (магнетитовыми, оловянными, полиметаллическими, флюорит-бериллиевыми и вольфрам-полиметаллическими) рудами с повышенным содержанием золота.

Вепсийский этап развития. В вепсии в Северо-Ладожской Лахденпохско-Выборгской зоне внедрились анорогенные Выборгские граниты, монцодиориты-сиениты-гранодиориты, с которыми не установлены золоторудные проявления.

Северо-западное обрамление Карельского кратона, территория Лапландии. Формирование отложений в палеопротерозойских зеленокаменных структурах Центральной Лапландии связывается с рифтообразованием в интервале времени 2,5–2,0 млрд лет и с интракратонным накоплением вулканогенно-осадочных толщ с возрастом 2,0–1,9 млрд лет. Результаты сейсмического траверса «Polar» указывают, что рифт заложился на архейском основании, устанавливаемом на глубине 5–7 км. Он связан с СЗ глубинным разломом, проникающим в нижнюю кору и литосферу, и с ним сопряжены трансформные разломы (Ward et al., 1989).

Наиболее ранними образованиями Центральной Лапландии являются коматииты и базальтоиды нижнего лаппония (>2435 млн лет), коррелирующиеся с сумием на нашей территории (Geological map., 1988; Lehtonen et al., 1992; Vaasjoki, 2001). Осадочные образования среднего лаппония, коррелируемые с ятулием, включают кварциты, кварц-серицитовые сланцы, базальты. Верхний лаппоний (2050–1930 млн лет) сопоставим с людиковием. Он представлен коматиитами, базальтами, в меньшей мере вулканогенно-осадочными образованиями и углеродистыми сланцами. Более молодые образования (моложе 1950 млн лет) групп Лайнио (кварциты, кислые и средние вулканогенно-осадочные породы, конгломераты) и Кумпу (кварциты, конгломераты) сформировались в результате более поздних ограниченно развитых аккреционно-коллизийных процессов.

Орогенция, начавшаяся на этой территории около 1,9 млрд лет назад, была связана с надвигом аллохтона Лапландских гранулитов, перемещенных на расстояние до 125 км. В связи с этим возникли складчатые структуры в пределах пород Лапландского зеленокаменного пояса и сдвиговые деформации по направлениям разломов более раннего заложения. К зонам складчатых деформаций приурочены небольшие тела тоналитов, в южной части сформировался Центрально-Лапландский массив (с возрастом основной фазы около 1843–1885 млн лет). Переориентировка ранних элементов залегания пород устанавливается также после внедрения гранитов комплекса Хапаранда – 1,89 млрд лет (Ward et al., 1989) и в связи с формированием анорогенных грани-

тов (1770 млн лет). В бассейнах, возникших в результате сдвиговых деформаций, отлагаются поздние кластические осадки и конгломераты района Мантоваары, Сайнайваары, Сиркка.

Месторождения золота северной Финляндии, Норвегии и Швеции являются преимущественно эпигенетическими, мезотермальными. Они связаны с зонами сдвиговых деформаций и метасоматозом. По результатам изучения изотопов свинца их формирование связывается с орогеническими событиями с возрастом 1,86–1,81 млрд лет либо с посторогенными – 1,8–1,77 млрд лет (Manttari, 1995). На некоторых месторождениях установлено влияние более молодых процессов (1,75 млрд лет). Наиболее широко распространены являются комплексные месторождения золота, урана и кобальта в измененных породах сланцевого пояса Куусамо и Перяпохья, приуроченные к кварцитам, кварц-серицитовым сланцам, альбитизированным габбро, соответствующим по возрасту ятулию Карелии. Вторая группа месторождений размещается в базальтах и измененных коматиитах и в меньшей степени в углеродсодержащих сланцах и вулканогенно-осадочных образованиях, связанных с кислым магматизмом верхнего лаппония и более молодых групп (возрастная позиция людиковия). Это собственно золоторудные месторождения золото-сульфидного рудно-формационного типа района Соданкейля – Киттиля в Лапландии. На месторождении Пахтоваара (Korkiakoski, 1992) золотое оруденение ассоциирует с карбонат- или барит-кварцевыми прожилками и приурочено к СЗ и СВ зонам рассланцевания и метасоматического изменения – альбитизации, серицитизации либо лиственизации в ультраосновных породах.

В Северо-Карельской части пояса в Пана-Куоляярвинской и Кукаозерской структурах на раннем рифтогенном этапе происходит внедрение интрузивов перидотитов и габбро куоляярвинского, ханкусского и кукаозерского комплексов. Более молодые гранитоидные тела, секущие протерозойские образования, известны в районе оз. Ниваярви и предполагаются по гравитационным аномалиям в центре Куоляярвинской структуры. Пегматитовые тела секут уже деформированные комплексы протерозойских пород Ханкусской, Кукаозерской и Кичанской структур. К зоне деформаций северо-западного простирания по окраине Карельского кратона в восточном борту Куоляярвинской структуры приурочен кварцевый жильный пояс, куст золото-кварцевых жильных и полиметаллических проявлений этой структуры и месторождение Майское. С зонами изменений и сульфидной минерализации в кварцито-песчаниках, сланцах и на контактах габброидов в Панаярвинской структуре связана Au-Cu-U-минерализация.

Беломорский складчатый пояс. На коллизийной стадии в период времени ~1,9–1,8 млрд лет БСП испытывает интенсивное сжатие, формируется область высоких давлений и температур (метаморфизм кианит-силлиманитовой фации). На регрессивном этапе возникают шир-зоны более низких порядков, метасоматиты, сульфидная минерализация и неболь-

шие проявления меди, кобальта и золота. Формируются пегматиты чупинского комплекса (1780–1860 млн лет) и фальбандовый тип переотложенных колчеданных руд. Учитывая то, что БСО испытывала неоднократный метаморфизм в условиях гранулитовой–амфиболитовой фаций высоких давлений и в настоящий момент на поверхность выведен наиболее глубокий уровень коры, ожидать перспектив на золото в этих условиях не приходится (Кулешевич, 2005). Бедная золото-сульфидная минерализация не представляет собой практического интереса.

На Южно-Тикшезерской площади в позднем палеопротерозое внедряются щелочно-габброидный Елетьозерский и щелочно-ультрабазитовый с карбонатами Тикшезерский массивы (1881 млн лет) и лагярвинский комплекс ультрабазитов. С этими породами связаны редкоземельно-редкометалльные, апатитовые, титаномагнетитовые руды с сопутствующими МПГ и лишь повышенным фоном золота.

На границе Карельского кратона и БСП в восточном борту Лехтинской структуры, как уже отмечалось, фиксируются надвиговые структуры ЮЗ направления и интенсивные субвертикальные сдвиговые СЗ деформации в протерозойских толщах, дайки габбро-диабазов, альбититы с медной минерализацией, иногда с полиметаллами и золотом, зоны метасоматического преобразования с сульфидной вкрапленностью, золотом и ураном, локализующиеся в зонах СРД и вблизи стратиграфических контактов лопийских и карельских толщ.

Геодинамические режимы развития Карельского кратона и его обрамления в рифее и венде

В раннем рифее по северной окраине Восточно-Европейской плиты, на границе с Фенноскандинавской, объединившей Карельский кратон и более молодые складчатые области, формируется крупная рифтогенная структура СВ простирания, накапливаются базальты салминской свиты и осадки. В Приладожье внедряется анортозит-рапакиви-гранитный комплекс. С оперяющими тектоническими зонами связано заложение глубоких разломов СЗ и субмеридионального простирания. А на границе Карельского кратона с аккретированными к нему Беломорской складчатой областью и Мурманским кратоном происходит заложение Кандалакшского рифейского рифта СЗ простирания и серии сопряженных и оперяющих его разломов СВ простирания. В пределах Карельского кратона в Костомукшской структуре возникает система ССЗ и субширотных расколов, фиксируемых дайками лампроитов (1230–1234 млн лет). В Беломорской и Северо-Карельской областях внедряется рой даек лампроитов СВ простирания. В этих условиях как перспективные на золото интерес вызывают лишь зоны изменений в ореолах гранитов-рапакиви, где отмечаются его повышенные концентрации в ассоциации с сульфидно-полиметаллическим оруденением, наложенным на скарны.

Венд. В северо-восточной части Ветреного Пояса на территории Карелии и Архангельской области на окраине Фенноскандинавского щита накапливаются отложения венда. В основании этих образований и в более молодых, перекрывающих их аллювиально-делювиальных четвертичных отложениях известны захороненные россыпные проявления золота и металлов платиновой группы.

Таким образом, анализ геологического строения и золотонности Карелии позволяет считать наиболее благоприятными обстановками накопления золота островодужные, активные континентальные окраины и шир-зоны аккреционно-коллизивной стадии развития. Парагенетический ансамбль, характеризующий эти геологические обстановки: широкое развитие базитов-гипербазитов (ассоциации задуговых бассейнов), кислый – средний вулканизм, неоднократное его повторение в поясах длительного развития, наличие даек и вулканогенно-осадочных образований, наличие сульфидсодержащих фаций среди вулканогенно-осадочных толщ, субвулканические интрузивы и дайки порфирирового типа, метасоматические преобразования в шир-зонах, связанные либо не имеющие прямой связи с формированием гранитоидов, средне- и низкотемпературные гидротермальные изменения типа березитов–лиственитов, кварц-серицитовых метасоматитов или пропилитов (независимо от зоны метаморфизма), золото-сульфидная или золото-кварцевая минерализация. К первичным факторам, контролирующим рудную минерализацию, могут быть отнесены литологические горизонты колчеданных руд, сульфидсодержащие углеродистые толщи, кварциты, туфогенно-осадочные породы, обогащенные карбонатом и сульфидной вкрапленностью. К вторичным факторам, обеспечивающим локализацию золота, относятся зоны расланцевания на контактах даек и гранитных тел и непосредственно в них, а также зоны упруго-пластичных деформаций, сопровождающиеся низко-, среднетемпературными метасоматитами и жилами, как в участках с первичным сингенетичным его накоплением, так и в различных породах. В связи с этим большое значение имеет понимание условий формирования сдвиговых зон, отражающих геодинамический режим коллизивного этапа и условия метаморфогенно-метасоматических преобразований как в архее, так и в протерозое, влияние синорогенных и позднеорогенных гранитоидов.

Золотое оруденение в зеленокаменных поясах Карелии сформировалось в позднеархейскую (2,7–2,6 млрд лет) и протерозойскую (1,86–1,8 млрд лет) – в две наиболее значительные орогенические эпохи эндогенного рудообразования, сопоставимые с мировыми орогеническими событиями образования наиболее крупных месторождений золота в докембрийских щитах Земли, а также в период менее значительных орогенических событий с возрастом 2,86–2,8, 2,76–2,72 и ~2,45 млрд лет и в период платформенного развития территории в раннем протерозое.

ЛИТЕРАТУРА

- Ахмедов А. М., Воинова О. А., Калабаикин С. Н. и др. Компьютерная карта золотоносности докембрия Карельского региона масштаба 1 : 1 000 000. Анализ перспектив // Региональная геология и металлогения. 2001. № 13–14. С. 84–104.
- Артамонова Н. А. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые северо-восточного Приладожья // Отчет по Импилахтинскому объекту ПГО «Севзапгеология» и объекту № 13 ВСЕГЕИ за 1984–89 г.г. Фонды КГЭ. Инв. № 1716. 1989.
- Балтыбаев Ш. К., Глебовицкий В. А. и др. Геология и петрология свекофеннид Приладожья. СПб., 2000. 198 с.
- Барков А. Ю. и др. Датирование цирконов из расчлененного массива Кивакка, Северная Карелия // Методы изотопной геологии: Тез. докл. Всесоюз. школы-семинара. СПб., 1991. С. 21–23.
- Беляцкий Б. В., Богачев В. А., Голубев А. И. и др. Новые данные по U-Pb и Sm-Nd изотопному датированию архейских и раннепротерозойских магматических комплексов Карелии // Материалы III Всерос. совещ. «Общие вопросы расчленения докембрия». Апатиты, 2002. С. 42–44.
- Беляцкий Б. В., Тихомирова М., Савва Е. В. Возраст и генезис протерозойского щелочно-ультраосновного Тикшеозерского массива (Северная Карелия): Результаты Pb-Sr-Nd изотопных исследований // Тез. докл. I Рос. конф. по изотопной геохронологии «Изотопное датирование геологических процессов: новые методы и результаты». М., 2000. С. 63–65.
- Бибикова Е. В., Крылов И. Н. Изотопный возраст кислых вулканитов архея Карелии // ДАН. 1983. Т. 268, № 5. С. 1231–1234.
- Бибикова Е. В., Слабунов А. И. и др. U-Pb возраст цирконов из пород Керетской гранит-зеленокаменной системы в зоне сочленения Карельской и Беломорской структур Балтийского щита // ДАН. 1995. Т. 243, № 4. С. 517–521.
- Бибикова Е. В., Слабунов А. И., Богданова С. В. и др. Ранний магматизм Беломорского подвижного пояса, Балтийский щит: латеральная зональность и изотопный возраст // Петрология. 1999. Т. 7, № 2. С. 115–140.
- Бибикова Е. В., Классон С., Глебовицкий В. А. и др. Изотопное датирование свекофеннского этапа преобразования Беломорского пояса Балтийского щита // Геохимия. 2001. № 10. С. 1116–1119.
- Богачев В. А., Иваников В. В. и др. U/Pb цирконовое датирование синорогенных габбро-диоритовых и гранитоидных интрузий Северного Приладожья // Вестник СПбГУ, сер. 7. 1999. Вып. 3. С. 23–33.
- Глебовицкий В. А. Рост и преобразование раннедокембрийской коры Балтийского щита: структурно-геологические, петрологические и изотопные геохимические критерии // Геология, геохимия и геофизика на рубеже XX и XXI веков. Т. 1. 2002. С. 34–36.
- Глебовицкий В. А., Балтыбаев Ш. К. и др. Главная стадия плутоно-метаморфической активности в Приладожье: результаты определения изотопного возраста // Докл. РАН. 2001. № 5.
- Глебовицкий В. А., Козаков И. К., Котов А. Б. Длительность процессов по изотопно-геохронологическим данным // Тез. докл. конф. «Изотопная геохронология в решении проблем геодинамики и рудогенеза». СПб., 2003. С. 128–132.
- Голубев А. И. Вулканизм и рудогенез раннего протерозоя на примере Карелии // Палеовулканология, вулканогенно-осадочный литогенез, гидротермальный метаморфизм и рудообразование докембрия. Петрозаводск, 2001. С. 100–102.
- Голубев А. И., Кулешевич Л. В. Перспективы золотоносности протерозойских образований Карелии // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 3. Петрозаводск, 2001. С. 15–25.
- Голубев А. И., Иваников В. В., Филиппов Н. Б. и др. Новые данные по геохимии и Sm-Nd изотопии раннепротерозойских платформенных вулканитов Центральной Карелии // Рифтогенез, магматизм, металлогения докембрия. Корреляция геологических комплексов Фенноскандии: Материалы междунар. конф. Петрозаводск, 1999. С. 37–38.
- Горошко А. Ф. Вопросы геологии и металлогении южной части Карельского геоблока (на примере Хаутоваарской гранит-зеленокаменной структуры) // Геология Северо-Запада Российской Федерации. СПб., 1993. С. 171–192.
- Злобин В. Л., Богина М. М., Минц М. В. Палеопротерозойские доятулийские вулканиты Восточно-Карельского осадочно-вулканогенного пояса: новые данные // Беломорский подвижный пояс и его аналоги: геология, геохронология, геодинамика, минералогия. Петрозаводск, 2005. С. 166–169.
- Иващенко В. И., Ручьев А. М., Лавров О. Б., Кондрашова Н. И. Рудопроявление Пякюля – новый перспективный благороднометалльный объект в Приладожье // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 3. Петрозаводск, 2001. С. 40–53.
- Иващенко В. И., Ручьев А. М., Лавров О. Б. и др. Эндогенная золоторудная система Суйтамского плутонического комплекса (Северное Приладожье) // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 7. Петрозаводск, 2004. С. 127–146.
- Кожневиков В. Н. Геохимия и геология архейских Северо-Карельских зеленокаменных структур. Петрозаводск, 1992. 199 с.
- Кожневиков В. Н. Архейские зеленокаменные пояса как аккреционные орогены. Петрозаводск, 2000. 223 с.
- Кожневиков В. Н., Голубев А. И., Рыбаков С. И. Факторы контроля золотометалльного оруденения в архейских зеленокаменных поясах: сравнительный анализ Сьюперior и Карельского кратонов // Отечественная геология. 1998. № 3. С. 55–64.
- Конопелько Д. Л., Левченков О. А. Возраст Вуоксинского массива, Приладожье // Корреляция геологических комплексов Фенноскандии. СПб., 1996. С. 33.
- Конопелько Д. Л., Степанов К. И., Петров С. В., Пупков О. М. Гипабиссальный габбро-плагиогранитный комплекс Северного Приладожья // Вестник СПбГУ, сер. 7. 1999. № 28. С. 21–31.
- Кратц К. О., Левченков О. А., Шулешико И. К. и др. Возрастные границы ятулийского комплекса Карелии // ДАН СССР. 1976. Т. 231, № 5. С. 1191–1194.
- Крупеник В. А., Ахмедов А. М., Кнауф В. В. Золотая минерализация в массивных колчеданных рудах пегматитовых жил Чупино-Лоухского района (Северная Карелия) // ДАН. 2000. Т. 375, № 6. С. 799–802.
- Кулешевич Л. В. Кислый магматизм и золотое оруденение Костомукшской структуры // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 5. Петрозаводск, 2002. С. 59–72.
- Кулешевич Л. В. Эволюция эндогенных режимов и стадийность золотого рудообразования в Костомукшской структуре // ДАН. 2004. Т. 396, № 6. С. 808–812.
- Кулешевич Л. В. Металлогения Беломорского складчатого пояса и Северо-Карельских зеленокаменных структур // Беломорский подвижный пояс и его аналоги: геология, геохронология, геодинамика и минералогия. Петрозаводск, 2005. С. 207–211.
- Кулешевич Л. В., Костин В. А. Кислый магматизм и золоторудная минерализация Южно-Выгозерского зеленокаменного пояса // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 6. Петрозаводск, 2003. С. 54–57.

Кулешевич Л. В., Слюсарев В. Д., Гришин А. С., Земцов В. А. Новые данные по минералогии и геохимии сурьмяно-мышьякового оруденения Северной Карелии // Новое в минералогии Карело-Кольского региона. Петрозаводск, 1990. С. 141–161.

Куликов В. С., Пухтель И. С., Куликова В. В. Коматиитовые лавовые озера докембрия юго-востока Фенноскандии // Карелия и РФФИ: Тез. докл. науч. конф., посвящ. 10-летию РФФИ (1–3 окт. 2002 г.). Петрозаводск, 2002. С. 65.

Ларин А. М. Изотопно-геохронологические свидетельства отсутствия связи молибденового оруденения с гранитным магматизмом на месторождении Лобаш, Восточная Карелия // Изотопное датирование эндогенных рудных формаций: Тез. докл. Всесоюз. совещ. Киев, 1990. С. 113–120.

Левченков О. А., Богданов Ю. Б., Саватенков В. М. и др. О положении границы архея и протерозоя в Карелии // ДАН. 2001. Т. 377, № 3. С. 363–365.

Левченков О. А., Лобач-Жученко С. Б., Сергеев С. А. Геохронология Карельской гранит-зеленокаменной области // Изотопная геохронология докембрия. Л., 1989. С. 63–72.

Левченков О. А., Лобач-Жученко С. Б., Сергеев С. А., Робонен В. И. Современное состояние геохронологической шкалы раннего докембрия Карелии // Геология и геохронология докембрия Восточно-Европейской платформы. Л., 1990. С. 72–80.

Левченков О. А., Николаев А. А., Богомолов Е. С., Яковлева С. З. Уран-свинцовый возраст кислых магматитов сумия Северной Карелии // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1994. Т. 2, № 1. С. 3–9.

Левченков О. А., Шульдинер В. И., Гайдомако и др. Новые данные изотопного датирования свекофенских событий в Северном Приладожье // Докембрий Северной Евразии. СПб., 1997. С. 54.

Леонтьев А. Г. и др. Отчет: Составление регистрационной карты золотоносности масштаба 1 : 500 000 с кадастрами месторождений, рудопоявлений и пунктов минерализации и площадей геохимических аномалий (участков), перспективных на золото // Фонды ТФГИ. Петрозаводск. 1997. Инв. № 469.

Лобач-Жученко С. Б., Бибилова Е. В., Другова Г. М. и др. Архейский магматизм района оз. Нотозера северо-западного Беломорья: изотопная геохронология и петрология // Петрология. 1995. Т. 3, № 6. С. 593–621.

Лобач-Жученко С. Б., Чекулаев В. П. и др. Беломорский пояс – позднеархейская аккреционно-коллизонная зона Балтийского щита // ДАН. 1998. Т. 358, № 2. С. 226–229.

Лобач-Жученко С. Б., Арестова Н. А., Чекулаев В. П. и др. Эволюция Южно-Выгозерского зеленокаменного пояса Карелии // Петрология. 1999. Т. 7, № 2. С. 156–173.

Лобач-Жученко С. Б., Арестова Н. А., Милькевич Р. И. и др. Стратиграфический разрез Костомукшской структуры Карелии (верхний архей), реконструированный на основе геохронологических, геохимических и изотопных данных // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2000а. Т. 8, № 4. С. 3–10.

Лобач-Жученко С. Б., Чекулаев В. П., Арестова Н. А. и др. Архейские террейны Карелии: их геологическое и изотопно-геохимическое обоснование // Геотектоника. 2000б. № 6. С. 26–42.

Лобиков А. Ф., Лобач-Жученко С. Б. Изотопный возраст гранитов Палаламбинского зеленокаменного пояса. Карелия // Докл. АН СССР. 1980. Т. 250, № 3. С. 729–733.

Макеев А. Ф., Масленников В. А., Левченков О. А., Левский Л. К. Радиационный возраст цирконов Балтийского щита // Тез. докл. I Рос. конф. по изотопной геохронологии «Изотопное датирование геологических процессов: новые методы и результаты». М., 2000. С. 242–245.

Матренничев В. А., Пинькова Л. О., Левченков О. А. и др. Выделение второй генерации архейских зеленокаменных поясов Карелии. Геология и геохронология // Там же. 2000. С. 245–247.

Металлогения Карелии. Петрозаводск, 1999. 340 с.

Миллер Ю. В., Глебовицкий В. А., Бибилова Е. В. Беломорский аллохтон: проблемы полистадийного развития // Беломорский подвижный пояс (геология, геодинамика, геохронология): Тез. междунар. конф. Петрозаводск, 1997. С. 40–41.

Негруца В. З. Докембрийская формация кварцевых конгломератов Балтийского щита. Апатиты, 1990. 149 с.

Овчинникова Г. В., Матренничев В. А., Левченков О. А. и др. U-Pb и Pb-Pb изотопные исследования кислых вулканитов Хаутоваарской зеленокаменной структуры. Центральная Карелия // Петрология. 1994. № 3. С. 266–281.

Пухтель И. С., Богатииков О. А., Куликов В. С. и др. Роль коровых и мантийных источников в петрогенезисе континентального магматизма: изотопно-геохимические данные по раннепротерозойским пикритам Онежского плато (Балтийский щит) // Петрология. 1995. Т. 3, № 4. С. 397–419.

Пухтель И. С., Журавлев Д. З., Куликова В. В. и др. Коматииты Водлозерского блока // Докл. АН СССР. 1991. Т. 317, № 1. С. 197–202.

Пухтель И. С., Самсонов А. В., Щипанский А. А., Фурман В. Н. Аккреционная тектоника в Карельской гранит-зеленокаменной области. Костомукшский зеленокаменный пояс как пример террейновой структуры // Тез. докл. 1-й междунар. конф. «Корреляция геологических комплексов Фенноскандии». СПб., 1996. С. 65–67.

Ручьев А. М. Благородные металлы в гнейсах чупинской свиты (беломорский комплекс, Северная Карелия) // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 5. Петрозаводск, 2002. С. 47–58.

Рыбаков С. И., Голубев А. И., Слюсарев В. Д. и др. Протерозойский рифтогенез и его роль в формировании Беломорской подвижной зоны // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 2. Петрозаводск, 2000. С. 4–11.

Самсонов А. В., Бибилова Е. В., Пухтель И. С. и др. Изотопные и геохимические различия кислых вулканических пород зеленокаменных поясов Карелии и их геотектоническое значение // Тез. докл. 1-й междунар. конф. «Корреляция геологических комплексов Фенноскандии». СПб., 1996. С. 74–75.

Светов А. П., Свириденко Л. П., Иващенко В. И. Вулкано-плутонизм свекокарелид Балтийского щита. Петрозаводск, 1990. 196 с.

Светов С. А. Эволюция магматических систем в зоне перехода океан – континент в архее в восточной части Фенноскандинавского щита: Автореф. дис. ... докт. геол.-минер. наук. СПб., 2004.

Светов С. А., Хухма Х. Архейские коматиит-толеитовые ассоциации Водлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса Центральной Карелии – Sm-Nd систематика // Тез. докл. междунар. конф. «Проблемы генезиса магматических и метаморфических пород». СПб., 1998. С. 132–133.

Сергеев С. А., Бережная Н. Г. Изотопно-минералогические исследования цирконов из гранито-гнейсового комплекса пород района среднего течения р. Водла (Юго-Восточная Карелия) // Современные данные изотопной геохимии и космохимии. Л., 1985. С. 118–124.

Сергеев С. А., Левченков О. А., Арестова и др. Возрастные границы формирования железорудных толщ Костомукшской структуры (Карелия) // Тез. совещ. «Изотопное датирование эндогенных рудных формаций». Киев, 1990. С. 72–73.

Слабунов А. И., Шелд Т. и др. Геология и геохронология друзитов раннепротерозойского (2,4–2,45 млрд. лет) комплекса лерцолитов-габбро-норитов Беломорского подвижного

пояса // Тез. докл. I Рос. конф. по изотопной геохронологии «Изотопное датирование геологических процессов: новые методы и результаты». М., 2000. С. 344–345.

Слабунов А. И., Бибилова Е. В. и др. Геодинамические реконструкции позднего архея восточной части Балтийского щита // Геология, геохимия и геофизика на рубеже XX и XXI веков. Т. 1. 2002. С. 90–92.

Слюсарев В. Д., Кулешевич Л. В., Гришин А. С. Металлогенные особенности района озер Кереть – Верхнее Кумозеро // Опер.-информ. материалы. Петрозаводск, 1991. С. 33–38.

Сочеванов Н. Н., Арестова Н. А., Матреничев В. А. и др. Первые данные о Sm-Nd возрасте архейских базальтов Карельской гранит-зеленокаменной области // ДАН СССР. 1991. Т. 318, № 1. С. 175–180.

Степанова А. В. Петрология высокожелезистых толеитовых дайковых комплексов раннего протерозоя Северной Карелии: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. 2004. 25 с.

Тугаринов А. И., Бибилова Е. В. Геохронология Балтийского щита по данным цирконометрии. М., 1980. 131 с.

Хейсканен К. И. Карельская геосинклиналь. Л., 1980. 166 с.

Хейсканен К. И. Раннепротерозойские осадочные бассейны и вулканизм // 1-й всерос. Палеовулканологический симпозиум. Петрозаводск, 2001. С. 88–89.

Хейсканен К. И., Голубев А. И., Бондарь Л. Ф. Орогенный вулканизм Карелии. Л., 1977. 216 с.

Чекулаев В. П., Лобач-Жученко С. Б., Левский Л. К. Архейские граниты Карелии как показатели состава и возраста континентальной коры // Геохимия. 1997. № 8. С. 805–816.

Чекулаев В. П., Лобач-Жученко С. Б., Арестова Н. А. и др. Эволюция магматизма Карелии как основа для выделения архейских террейнов // Рифтогенез, магматизм, металлогения докембрия. Метреляция геологических комплексов Фенноскандии: Материалы междунар. конф. Петрозаводск, 1999. С. 176–177.

Щеглов и др. Магматизм и металлогения рифтогенных систем Восточной части Балтийского щита. СПб., 1993. 244 с.

Шемякин В. М. Чарнокитоиды раннего докембрия. Л., 1976. 179 с.

Щипанский А. А., Бабарина И. И., Крылов К. А. Древнейшие офиолиты на Земле: позднеархейский супрасубдукционный комплекс Ирингорской структуры Северокарельского зеленокаменного пояса // Докл. РАН. 2001. Т. 377, № 3. С. 376–380.

Щипанский А. А., Самсонов А. В., Богина М. М. и др. Высокомагнезиальные, низкотитанистые кварцевые амфиболиты Хизоваарского зеленокаменного пояса Северной Карелии – архейские метаморфизованные аналоги бонинитов? // Докл. РАН. 1999. Т. 365, № 6. С. 817–820.

Amelin Y. V., Heaman L. N., Semenov V. S. U-Pb geochronology of layered mafic intrusions in the eastern Baltic Shield: implications for the timing and duration of the Paleoproterozoic continental rifting // Precambrian Research. 1995. Vol. 75. P. 31–46.

Chistyakov A. V., Sharkov E. V., Belyatsky B. V. The largest European early Palaeoproterozoic layered complex Burakovsky (Southern Karelia, Russia) as a combination of two intrusions of different ages: evidence from petrological and isotopic data // Svekalapko WS. Lammi, Finland. 1999. P. 17.

Gaal G. Tectonic styles of Early Proterozoic ore deposition in Fennoscandian Shield // Precambrian Research. 1990. Vol. 46. P. 83–114.

Geological development, gold mineralization and exploration methods in the Cate Archean Hattu Shist belt, Ilomantsi, eastern Finland. Ed. by Pekka A. Nurmi and P. Sorjonen-Ward // Geological Survey of Finland. Sp. paper 17. Espoo, 1993. 386 p.

Geological map; Metamorphic, structural and isotopic age

map // Geological Survey of Finland, Norway and Sweden. Helsinki, 1988. 2 p.

Helovuori O. Geology of Pyhasalmi ore deposit, Finland // Economic Geology. 1979. Vol. 74. P. 1084–1101.

Korkiakoski E. A. Geology and geochemistry of the metakomatiite-hosted Pahtavaara gold deposit in Sodankyla, northern Finland, with emphasis on hydrothermal alteration // Geological Survey of Finland. Bul. 360. Espoo, 1992. 96 p.

Kuosa J., Martilla E., Vaasjoki M. Petrology, geochemistry and timing of early Proterozoic metavolcanic rocks in the Pyhajarvi region, central Finland // Geol. Surv. Finland. Spec. Pap. Vol. 19. 1994. P. 7–28.

Lobach-Zhuchenko S. B., Chekulaev V. P. et al. Archean rocks from Southeastern Karelia (Karelian granite-greenstone terrain) // Precambrian Research. 1993. Vol. 62. P. 375–397.

Lehtonen M., Mammien T. et al. On the early Proterozoic metavolcanic rocks in Finnish Central Lapland // Correlation of Precambrian formations of the Kola-Karelian region and Finland. Apatity: Kola SC RAS. 1992. P. 65–85.

Luukkanen E. J., Lukkarinen H. Explanation to the stratigraphic map of Middle Finland // Geol. Surv. Finland. Rep. Invest. 1986. Vol. 74. 47 p.

Manntari I. Lead isotope characteristics of epigenetic gold mineralization in the Paleoproterozoic Lapland greenstone belt, northern Finland // Geological Survey of Finland. Bul. 381. Espoo, 1995. 70 p.

Raahel-Ladoga zone. Map 1 : 1 000 000. Helsinki, 1999. 3 p.

Nurmi P. Applications of lithogeochemistry in the search for Proterozoic porphyry-type molybdenum, copper and gold deposits, southern Finland // Geological survey of Finland. Espoo. 1984. Bul. 329. 42 p.

Puchtel I. S., Haase K. N., Hofman A. W. et al. Petrology and geochemistry of crustally contaminated komatiitic basalts from Vetreny Belt, southeastern Baltic Shield: evidence for an early Proterozoic mantle plume beneath rifted Archean continental lithosphere // Geochim. Cosmochim. Acta. 1997a. Vol. 61. P. 1205–1222.

Puchtel I. S., Hofman A. W., Yochum K. P. et al. The Kostomuksha greenstone belt, NW Baltic Shield: remnant of a late Archean oceanic plateau // Terra Nova. 1997b. N 9. P. 87–90.

Puchtel I. S., Hofmann A. W., Amelin Yu. V. et al. Combined mantle plume-island arc model for the formation of the 2.9 Ga Sumozero-Kenozero greenstone belt, SE Baltic Shield: Isotope and trace element constraints // Geochim. Cosmochim. Acta. 1999. Vol. 63, N 21. P. 3579–3595.

Samsonov A. V., Puchtel I. S., Bibikova E. V., Zhuravlev D. Z. Petrology and geochronology of felsic volcanic and plutonic rocks of the Kostomuksha greenstone belt, W. Karelia // Precambrian of Europe. Abstracts. St-Petersburg: IPPGG RAS, 1995. P. 95.

Samsonov A. V., Puchtel I. S., Shchipansky A. A. et al. 2,88 Ga island-arc magmatism of the Kamennozero greenstone belt, eastern Karelia, Russia // Svekalapko. WS. Oulu, Finland. 1998. P. 150–152.

Samsonov A. V., Puchtel I. S., Shchipansky A. A., Bibikova E. V. 2,72 Ga sanukitoids of the Kostomuksha greenstone belt: Petrology and tectonic application // Svekalapko WS. Lammi, Finland. 1999. P. 58.

Vaasjoki M. (ed.) Radiometric age determinations from Finnish Lapland and their bearing on the timing of Precambrian volcano-sedimentary sequences // Geological survey of Finland. Sp. paper 33. Espoo, 2001. 272 p.

Ward P., Harkonen I., Nurmi P., Pankka H. Structural studies in the Lapland greenstone belt, Northern Finland and their application to gold mineralization // Geological Survey of Finland Current research 1988. Geol. Surv. of Finland. Sp. paper 10. Ed. Autio S. Espoo, 1989. P. 71–79.