

Таким образом, Беломорско-Лапландский и Свекофеннский орогены принципиально отличаются друг от друга. Режим коллизии двух континентальных плит определяет преимущественное проявление синколлизийного магматизма и метаморфизм в режиме меняющихся температур, но повышенных давлений, формирование инвертированной метаморфической зональности и РТ эволюцию на регрессивной стадии «против часовой стрелки». Свекофеннский ороген прежде всего характеризуется широким развитием надсубдукционного магматизма и высокоградного метаморфизма. Но все же их развитие связано в том смысле, что кульминация коллизионных процессов стимулирует синхронное развитие активной окраины последовательный рост новой континентальной коры в Свекофенском орогене.

Литература

1. Миллер Ю.В., Милькевич Р.И. Геотектоника. 1995. № 6. С. 80–92.
2. Глебовицкий В.А., Миллер Ю.В., Другова Г.М. и др. Геотектоника. 1996. № 1. С. 63–75.
3. Ранний докембрий Балтийского щита. Наука. СПб. 2005. 712 с.
4. Фриш Т., Глебовицкий В.А., Джексон Г. и др. Петрология 1995. Т. 3, № 3
5. Балаганский В.В., Тиммерман М.Я., Кислицин Р.В. и др. Вест. Мурм. Университета. 1998. Т. 1. № 3. С. 19–32.
6. Kontinen A. Precambrian Res. 1987. V.35. P. 313–341.
7. Глебовицкий В.А., Балтыбаев Ш.К., Левченков О.А. и др. Докл. РАН. 2001. Т. 396. №5. С. 369–373.

Геология и минерагения Онежского рудного района (Южная Карелия)

Голубев А.И., Трофимов Н.Н., Лавров М.М.

Институт геологии Кар НЦ РАН, г. Петрозаводск, e-mail: golubev@krc.karelia.ru

Онежский рудный район представляет собой уникальный регион как в смысле геологического строения, так и по насыщенности минеральными месторождениями различного генезиса [1, 2]. В его пределах решаются фундаментальные проблемы стратиграфии и геохронологии позднего архея и протерозоя, геодинамических режимов формирования структур подобного рода, процессов рудогенеза в раннедокембрийских бассейнах седиментации и вулканизма в связи с основным, средним и кислым магматизмом и последующим метаморфизмом и метасоматозом. Разрез нижнего протерозоя по своей полноте не имеет равных не только в России, но и в мире.

Онежская структура размещается в пределах юго-восточной части Карельского сегмента зоны грабеновых впадин Карельско-Лапландской рифтогенной системы [3]. Ее образование обусловлено формированием в нижнепротерозойский период рифтовой зоны, охватывающей по времени Карельский тектономагматический цикл 2500–1950 млн. лет. Появление и развитие Онежской структуры неразрывно связано с образованием нижнепротерозойского Водлозерско-Сегозерского сводового поднятия (первый этап развития рифта), обусловленного всплыванием астеносферного выступа аномальной мантии с центром в районе оз. Водлозеро, что косвенно подтверждается наличием гравитационного максимума силы тяжести. Формирование свода сопровождается появлением зоны растяжения клиновидной формы протяженностью около 500 км, ограниченной трансформными разломами, один из которых совпадает с границей Беломорской коллизионной зоны (рис.).

Для раннего протерозоя рассматривается вариант развития внутриплитного континентального рифтогенеза, называемого еще рассеянным. Предложена модель сводообразного поднятия и охарактеризованы этапы ее развития на примере Онежской структуры. Согласно принятой нами схемы, процесс растяжения (рифтообразования) является следствием воздымания астеносферы и формирования свода, обусловленных дегазацией ядра, носившей массовый характер на границе архея и протерозоя. Астеносферное поднятие, вызванное процессами дегазации ядра и мантии, сопровождается интенсивным и длительно живущим флюидопотоком, повышенным температурным градиентом. Этапу сводообразования (включает внедрение расслоенных интрузий) сопутствует привнос калия, этапу прогибания (развития брахиформ с трапповым магматизмом) – преимущественно углеводородов, транспортирующих широкий комплекс рудных элементов – V, U, Mo, Bm и др. [4].

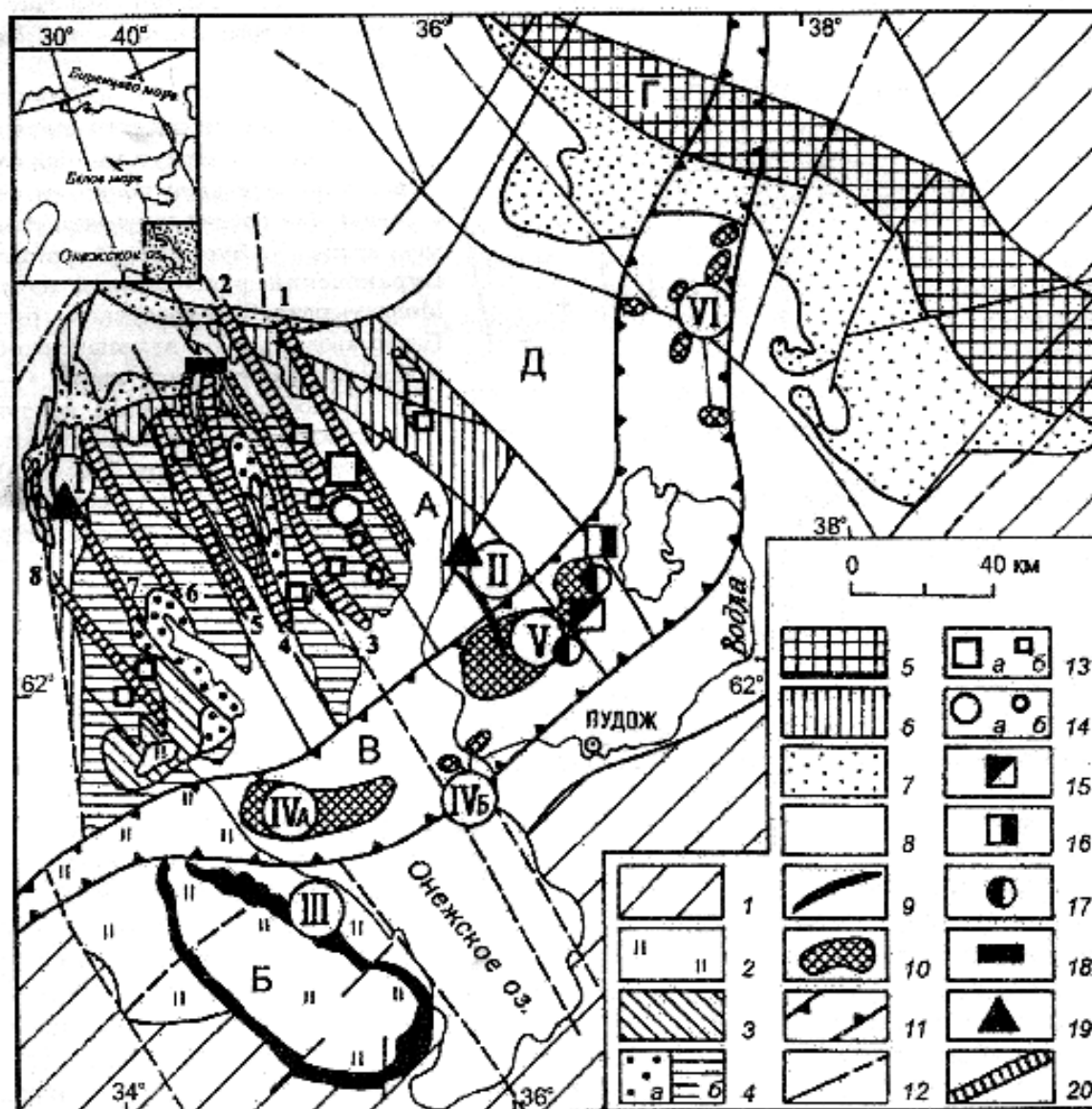


Рис. Геолого-минералогическая схема Онежского рудного района:

Рифейско-палеозойские отложения: 1 – вулканогенно-осадочные и осадочные рифтогенного этапа. Верхний Карелий: 2 – вепсийский надгоризонт. Нижний Карелий: 3 – калевийский, 4 – людиковийский (а – суйсарский, б – заонежский горизонты), 5 – людиковийский и ятулийский нерасчлененные, 6 – ятулийский, 7 – сариольский и сумийский надгоризонты; 8 – архей нерасчлененный (древняя платформа). Интрузивные и субвулканические образования рифтогенного этапа: 9 – пластовые интрузии габбро-долеритов (дифференцированные: I – Койкарско-Святонавловская, II – Пудожгорская; недифференцированные: III – Ропручейская), 10 – расслоенные интрузии перидотит-габбро-норитового комплекса: IV – Петрозаводская (А – положительная гравитационная аномалия силы тяжести, Б – разрозненные выходы на островах и дайки в устье р. Водлы), V – Бураковская, VI – Монастырско-Шидмозерская группа; 11 – поперечная Бураковская раздвиговая зона (В) и ее границы; 12 – тектонические нарушения. Рифтогенные структуры: интракратонные: А – Онежская, Б – Белозерская; перикратонные: Г – Ветреный Пояс; Д – Водлозерский блок серых гнейсов (Водлозерское поднятие). Месторождения и рудопроявления: 13 – шунгиты (а – Зажогинское месторождение, б – рудопроявления, Ссв > 20% – Шуньское, Великогубское, Фоймогубское, Яндомозерское, Кяппесельское, Мартыннаволок, Линдоламп); 14 – комплексные руды Cu-U-Mo-V с БМ (а – месторождение Средняя Падма, б – рудопроявления Весеннее, Царевское, Верхняя Падма); 15 – хромитовые руды, Аганозерское месторождение; 16 – никель-магнєвєвые кемиститовые руды, Аганозерский блок Бураковского массива; 17 – благороднометалльные руды, Аганозерское и Шалозерское рудопроявления; 18 – медные руды, рудопроявление Воронов Бор; 19 – благороднометалльно-титаномagnetитовые руды, месторождения Пудожгорское и Койкарско-Святонавловское; 20 – зоны складчато-разрывных дислокаций (1 – Кузарандская, 2 – Тамбицкая, 3 – Святухинско-Космозерская, 4 – Пигмозерско-Уницкая, 5 – Лижемская, 6 – Сандальская, 7 – Пальеозерско-Кондопожская, 8 – Мунозерско-Кончезерская)

Таблица. Месторождения и рудопроявления Онежской структуры с благороднометалльной специализацией

Объекты	Зона, горизонт, свита	Благородные металлы				Рудные металлы			
		Тип	Содержание, г/т	Минеральные формы	Категория, прогнозные ресурсы, т	Главные		Второстепенные	
						Содержания, %	Запасы, ресурсы, млн.т	Содержания, %	Запасы и ресурсы, тыс.т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Плутонический комплекс. Расслоенные интрузии									
Бураковский	ПЗ. подошва ГХГкраевая часть пижонитовых габбро-норитов	Стратиформный малосульфидный	Pt 1,1-1,5 Pd 0,8-3,5 Pt 0,2 Pd0,2 Pt 0,3-0,5 Pd 1.1-3,5 Au – 0,1-0,9	Мончеит, меренскит, котульскит фрудит, сопчеит, соболевскит, сперилит	Pt+Pd P ₁ +P ₂ 477 Au P ₁ +P ₂ 816				
лополит	ГХГ Аганозерского блока	Стратиформный окисный	Pt, Pd 0,1-3,2 Os,Ru,Jr-0,3	Лаурит-эрликманит		Cr ₂ O ₃ – 22,8	B-P ₂ 48,2		
	Линейные зоны брекчирования	Гидротерм. метасомат. сульфидный	Pd 2-10	Не установлены					
Вулканогенно-осадочный комплекс. 1. Трапповая формация. Пудожгорский тип									
Пудожгорская пластовая интрузия	ТМГ: полная мощность, обогащенный слой (5,3м)	Стратиформный малосульфидно-окисный	Pt, Pd, Au-0,576 Pt, Pd, Au-1,48	Котульскит меренскит самородное золото	P ₁ 247	TiO ₂ -8,14 V ₂ O ₅ -0,43 Fe _{вал.} -28,9	B+C ₁ +C ₂ 25,8 1,36 91,7	Cu-0,13	412
Койкарско-Святонаволоцкий силл	ТМГ: полная мощность обогащенный слой (7,4 м)		Pt, Pd, Au – 0,875 Pt, Pd, Au-1,97		P ₁ 270	TiO ₂ -6,0 V ₂ O ₅ -0,32 Fe _{вал.} -23,0	C ₁ +C ₂ 18,8 1,0 72,3	Cu – не оценивалась	
2. Черносланцевая формация. Онежский тип. 2А. Падминский подтип (Cu-U-Mo-V)									
Средняя Падма	Заонежский горизонт, нижняя подсвита. Тамбицкая зона	Метасоматический, комплексный	Au – 0,23 Pd – 0,29 Pt – 0,02	Изучены недостаточно. Установлены самородные Au,Ag,Pd,Cu и их твердые растворы и интерметаллиды	P ₁ 10-20	V ₂ O ₅ - 2,35	C ₁ + C ₂ 0,11	U – 0,07 Mo – 0,02 Cu – 0,04 Bi, Se	3,0 1,0 2,0
Верхняя Падма, Весеннее, Царевское	СРД		Au, Pd – 0,5		P ₃ – 100	V ₂ O ₅ - 2,5 (2,3-4,2)	C ₂ + P ₁ 0,25	U, Mo, Cu	
Космозеро, Южное Космозеро, Великая Губа	Святухинско-Космозерская зона СРД		Au, Pd – 0,5			V ₂ O ₅ - 2,5 – 2,9	C ₂ + P ₁ 0,15	U, Mo, Cu	
2Б. Стратиформный – Уницкий подтип									
	Заонежский горизонт, средняя подсвита	Конкреционный углерод-сульфидн. Битумоиды, оксикериты	Pt, Pd, 1,7-7,8 Au 0,8-3,7 Ag 5,2-70 Jr - 1,2-2,0 Rh – 0,6-1,0 Os-0,02-0,3		P ₃ – 100 – 200			Cu до 1,3 Zn до 0,9 Ni до 0,5 Pb до 0,4	
3. Эксталяционно-осадочный тип (медистых песчаников)									
Воронов Бор	Янгозерский надгоризонт Святухинско-Космозерская зона СРД	Вулканогенно-гидротермальный, метасоматический	Pt, Pd – 0,01-0,1 Au – 0,1-0,5 (до 80) Ag–10-16 (до 52)		P ₃ 15 (Au)	Cu – 1,39	4,9	Mo 0,008-0,4 Bi-0,002-0,4	

Онежская структура хорошо дифференцирована в региональных геофизических полях, наиболее контрастным из которых является электрическое поле. Она располагается в пределах региональной магнитной аномалии, являющейся одной из самых обширных и интенсивных аномалий в Карельской части щита. Природа проводимости людиковийской области разреза связана с шунгитоносными породами, проводимость же более глубоких горизонтов еще требует своего объяснения. Гравитационное поле, как и другие геофизические поля, отражает ярко выраженную северо-западную направленность чередующихся складчатых структур. Породы, слагающие Онежскую структуру, обладают избыточной плотностью по сравнению с породами основания ($\sigma_{изг} \cong 0,2 \text{ г/см}^3$). В связи с этим ядра антиклинальных структур, в которых уменьшена мощность осадочно-вулканогенных пород, отмечаются отрицательными аномалиями, а синклинальные структуры - положительными. Данные о мощности земной коры получены по результатам МОВЗ и для Онежской структуры находится в пределах 35-36 км. В южной части Онежского озера мощность земной коры увеличивается до 42 км. Тепловое поле онежской структуры, по экспериментальным данным ниже фонового для щита и составляет в среднем $\sim 15 \text{ мВт/м}^2$. Это связывается с теплофизическими параметрами пород основного состава, слагающих мощные вулканогенные и интрузивные толщи геологического разреза структуры. Учитывая данные о региональных геофизических полях, основной геофизической особенностью Онежской структуры следует считать наличие комплексной геофизической аномалии, характеризующей зону древней магматической активизации. Здесь отмечается уменьшение мощности земной коры, величин теплового потока, сопротивления, повышенные значения регионального магнитного поля [5].

Онежский рудный район является уникальным мировым объектом по масштабам и уровню концентраций восстановленных форм углерода (преимущественно в виде шунгита) в раннем протерозое, отражающим интенсивность и длительность процесса флюидопереноса рудогенных компонентов, сопровождаемого трапповым магматизмом, и развивающимся в совокупности как единая трапповая углеродаккумулирующая система. С ней связано комплексное благороднометалльное оруденение нескольких рудно-формационных типов: полигенного черносланцевого Cu-U-Mo-V (падминский тип с прогнозными ресурсами – 100 т МПГ, 70 т Au, V и др.), титаномagnetитового – Ti-V-Fe-Cu – субвулканические интрузии в бортах структуры (пудожгорский тип – 370 т МПГ и 160 т Au). (таблица). В нескрытой эрозией центральной части структуры прогнозируется сульфидный Cu-Ni с МПГ (печенгский) или малосульфидный (норильский) типы в связи с гипабиссальными дифференцированными базит-гипербазитовыми интрузиями. С расслоенным Бураковским массивом связано хромитовое оруденение с благороднометалльной специализацией, измененные ультраосновные породы (кеместиты) и др. [6].

Работа выполняется при финансовой поддержке Программы ОНЗ РАН № 2 «Фундаментальные проблемы геологии, условия образования и принципы прогноза традиционных и новых типов крупномасштабных месторождений стратегических видов минерального сырья».

Литература

1. Металлогения Карелии. // Под ред. С.И. Рыбакова, А.И. Голубева. Петрозаводск, Кар НЦ РАН, 1999. 340 с.
2. Минерально-сырьевая база Республики Карелия. Книга 1. Горючие полезные ископаемые. Металлические полезные ископаемые // Под ред. В.П. Михайлова, В.Н. Аминова. Петрозаводск. «Карелия». 2005. 280 с.
3. Трофимов Н.Н., Голубев А.И. Геодинамические условия формирования и металлогения Онежской впадины // Руды и металлы. 2000. № 5. С. 10–25.
4. Голубев А.И., Шаров Н.В., Хазов Р.А. Особенности глубинного строения и минерагении Южной Карелии на примере Онежского и Ладожского рудных районов. Материалы XXXVIII Тектонического совещания. Том.1. Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. GEOS, 2005, с. 153–156.
5. Клабуков Б.Н. Региональные геофизические поля Онежской структуры и их связи с органическим веществом. // В сб. Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск, Кар НЦ РАН. 2001. Вып. 3. С. 113–118.
6. Голубев А.И., Трофимов Н.Н., Лавров М.М., Филиппов Н.Б. Рудно-формационные типы платиноносных объектов Карелии. // Платина России. Проблемы развития, оценки, воспроизводства и комплексного использования минерально-сырьевой базы платиновых металлов. Том. 5. М., «Геоинформмарк». 2004. С. 335–344.