
А. И. Голубев, В. И. Иващенко, Н. Н. Трофимов, Н. И. Кондрашова, О. Б. Лавров

РУДНЫЕ ФОРМАЦИИ И МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ КАРЕЛИИ*

Введение

Рудноформационный анализ является одним из наиболее эффективных методических подходов при металлогенических исследованиях (Рудоносность..., 1982; Филатов, Ширай, 1988; Кривцов, 1989; Конкин и др., 2000 и др.) и играет важную роль в прогнозе и поисках месторождений полезных ископаемых. И хотя он был зарожден на основе геосинклинальной теории (Ю. А. Билибин, М. Б. Бородаевская, Д. И. Горжевский, В. Н. Козеренко, Р. М. Константинов, А. И. Кривцов, В. А. Кузнецов, В. В. Попов, Д. В. Рундквист, В. И. Смирнов, Г. Н. Щерба, Г. Ф. Яковлев и др.), его научная значимость и востребованность налицо и в рамках сменивших ее новых геологических парадигм – рифтогенной, плейт-тектонической и плюмовой, существенно уточняющих палеотектоническую позицию геологических и рудных формаций. Рудноформационный анализ основывается на комплексном (всестороннем) изучении геологических, метасоматических и рудных формаций и в данной совокупности с учетом и применением современных структурно-тектонических металлогенических разработок является главным теоретическим методом прогноза месторождений. Его значение для прогноза рудоносности рассмотрено в многочисленных публикациях (Рудоносность..., 1982; Бородаевская, Горжевский, 1985; Филатов, Ширай, 1988; Кривцов, 1989; Конкин и др., 2000 и др.). Однако чрезмерное увлечение при прогнозно-металлогенических исследованиях методами и построениями, происходящими из вышеназванных новых геологических теорий, иногда заключающееся только в замене «геосинклинальных» терминов «плейттектоническими» (Борукаев, 1996; Металлогения..., 1999; Бабенко, 2002; Кулешевич, 2006 и др.; Martin, 1994 и др.), в отрыве от научно-прикладных достижений классической металлогении (Билибин, 1955; Смирнов, 1963; Щеглов, 1980; Кривцов, 1989 и др.), в особенности для докембрийских регионов, где корректные палеогеодинамические реконструкции весьма затруднительны (Ненахов, 2001 и

др.), снижает эффективность металлогенических прогнозов и может приводить к существенным ошибкам. Этого можно избежать, применяя формационные подходы и в металлогенических построениях, основывающихся на новых геотектонических теориях. Противоречия между традиционной «геосинклинальной» и «авангардной» металлогенией (Львов, 1997) и их понятийной базой во многом снимаются при использовании для металлогенического анализа и районирования формационных категорий. Характеристика обстановок рудообразования с помощью формаций существенным образом устраняет неоднозначность и многовариантность геотектонической интерпретации, возникающей при синтезе и анализе исходной геологической информации исследователями различных школ и направлений.

Методологической базой рудноформационного анализа является, по существу, широко применяемый в других отраслях науки (Тюхтин, 1968; Иванкин, 1973 и др.) системный анализ, предопределяющий в металлогеническом аспекте его главную задачу в выявлении, сравнении и анализе пространственно-временных соотношений и устойчивых связей геологических, метасоматических и рудных формаций в их иерархической соподчиненности (структурированности) с другими разноранговыми компонентами геологических, в том числе и рудных, систем. С этих позиций конкретные геологические, метасоматические и рудные формации рассматриваются как естественные закономерные ассоциации, возникшие в определенных геологических условиях. Временной фактор при этом дефинирующего значения не имеет. То есть определенная рудная формация будет связана с определенными метасоматической и геологической формациями или в крайнем своем выражении даже являться одной из них. Ввиду этого при рудноформационных исследованиях целесообразно их анализировать как последовательный ряд соподчиненных признаков: рудная формация – метасоматическая формация – геологическая формация, в котором для каждой отдельно взятой пары соседних признаков слева, если следовать математической терминологии, располагается функция, а справа – аргумент (Филатов, Ширай, 1988). Соответственно прогноз рудоносности осуществляется при движении от аргумента к функции. В качестве основного принципа

* Работа выполнена 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».

рудноформационного анализа общепризнанным считается принцип соответствия геологических, метасоматических и рудных формаций, что позволяет решать вопросы о генетических связях и этапности образования оруденения, а также устанавливать региональные закономерности его размещения в тесной взаимосвязи с эволюцией тектонических, магматических, метаморфических и других процессов. Однако следует признать, что при крупномасштабных металлогенических исследованиях формационные методы прогнозирования оруденения могут быть эффективно использованы лишь до уровня рудного района (Кривцов, 1989).

Термины и понятия

Терминология и понятийный аппарат металлогенического и рудноформационного анализа в частности сформированы и развиваются преимущественно коллективами геологов ВСЕГЕИ, ЦНИГРИ, ВИМС. Применяемые в данной статье металлогенические понятия и термины приводятся в редакции названных металлогенических школ (коллективов) с некоторыми изменениями и дополнениями.

Генетический тип оруденения – объединяет группы месторождений, независимо от состава руд характеризующиеся общими условиями формирования, выраженными в природе транспорта рудообразующих агентов, механизме и физико-химических обстановках рудонакопления.

Геологические формации – это естественные парагенетически связанные между собой комплексы горных пород, образовавшиеся в сходных геологических условиях и однотипном геотектоническом режиме на определенной стадии геологической эволюции того или иного участка земной коры (Херасков, 1965; Шатский, 1965). Конкретные геологические формации слагают структурно-формационные зоны определенного возраста, а абстрактные – объединяют однотипные формации вне возрастных параметров. Однотипные разновозрастные геологические формации, сформированные в тождественных геотектонических обстановках, устойчиво (закономерно) повторяются в латеральном и вертикальном направлении.

Главные критерии выделения геологической формации: 1) парагенетическая общность слагающих ее породных комплексов; 2) принадлежность комплексов пород к одной стадии развития земной коры; 3) площадное развитие комплексов пород в пределах крупных линеаментов – структурно-формационных зон и их устойчивая повторяемость в разновозрастных, но однотипных структурах; 4) для магматических формаций – единство вулканических и плутонических комплексов, образующих вулкано-плутонические ассоциации; 5) для вулканических формаций – принадлежность вулкаников к определенным петрохимическим сериям по щелочности, магнезиальности, глиноземистости или другим характеристическим признакам. Геологическая формация может подразделяться на

субформации и фации, отражающие варибельность генетических условий ее формирования.

Структурно-формационный комплекс – закономерная ассоциация геологических формаций, характерная для определенного этапа развития крупных геологических структур, обычно соответствующих структурно-формационным зонам.

Рудная формация – группа месторождений (рудопроявлений), сходных по элементному и минеральному составу руд и геологическим условиям их нахождения и образования, выраженным в устойчивых ассоциациях с определенными геологическими формациями (либо с их сочетаниями) и в структурных обстановках рудонакопления (Кривцов, 1989). Рудные формации, как одна из форм проявления геологических формаций, также подразделяются на конкретные и абстрактные. Конкретные рудные формации образуют разновозрастные металлогенические таксоны, а абстрактные определяют формационный тип рудных объектов независимо от их возрастной принадлежности.

Основные критерии выделения рудных формаций: 1) устойчивая пространственная ассоциированность определенных рудных концентраций с определенной геологической формацией или сочетанием нескольких таковых; 2) тождество элементного и минерального составов руд; 3) территориальная приуроченность рудных объектов к определенной структурно-формационной зоне. Рудная формация может состоять из нескольких субформаций и фаций, характеризующих изменчивость ее состава и условий формирования, обусловливаемую связью с определенными субформациями и фациями геологической формации, ответственной за рудообразование. Рудная фация обычно состоит из одной или нескольких минеральных ассоциаций, близких по времени и условиям образования.

По соотношению рудных и геологических формаций последние подразделяются на рудоносные, рудогенерирующие, рудовмещающие (Рундквист, 1986; Кривцов, 1983 и др.) и рудообразующие (Кривцов, 1989). Соотношение рудных формаций с геолого-промышленными типами месторождений менее определено вследствие отсутствия в дефиниции первого понятия экономической характеристической компоненты.

Рудноформационный анализ – установление закономерных ассоциаций продуктов рудообразования (рудных формаций) с определенными геологическими формациями и последующее решение обратной задачи, а именно: выделение перспективных в металлогеническом аспекте площадей по наличию соответствующих геологических формаций и признаков их рудоносности.

Геолого-промышленный тип месторождений – рудные формации, по комплексу геолого-экономических характеристик отвечающие современным требованиям горнодобывающей промышленности (Справочник., 1985). Геолого-промышленная принадлежность месторождений приобретает исключительно

важное значение при крупномасштабных металлогенетических исследованиях, начиная с прогнозной оценки рудных районов.

Метасоматическая формация (в металлогенетическом аспекте) – естественная ассоциация измененных пород, сопровождающих рудные тела определенного элементного и минерального состава.

Металлогенетическая (структурно-металлогенетическая) зона – базовый пространственный таксон металлогении, образована рядами родственных и сопряженных в пространстве и времени геологических формаций (сопровождающихся соответствующими рудными), возникших в течение определенного отрезка тектоно-магматического цикла при сходном являющемся режиме развития. Она, по существу, является эквивалентом структурно-формационной зоны.

Металлогенетический комплекс – закономерная парагенетическая ассоциация геологических и рудных формаций, характерная для определенного этапа развития конкретной структурно-формационной зоны.

Металлогенетическая область – группа структурно-формационных зон, образованных в одну из стадий тектоно-магматического цикла.

Металлогенетическая провинция (субпровинция) – группа разновременных металлогенетических областей, принадлежащих к одному либо нескольким тектоно-магматическим циклам.

Металлогенетическая эпоха в рамках шкалы времени сопоставляется с тектоно-магматическим циклом и соответствует периоду возникновения серии рудных формаций.

Рудные формации Карельского региона

Карельский регион по совокупности признаков большинством исследователей (Коровкин и др., 2003; Богачев и др., 2004; Феоктистов и др., 2007 и др.) подразделяется на три домена, в категориях металлогении соответствующих металлогенетическим субпровинциям: Карельской, Свекофеннской и Беломорской, что представляется вполне правомерным и обоснованным. В их пределах развито разнообразное оруденение, относящееся к различным рудным формациям, отражающим специфику геологического развития этих доменов и металлогенетическое своеобразие эпох рудообразования, с которыми связано их формирование. Существенные различия геологических, структурно-тектонических, геодинамических, формационных, геохронологических и других особенностей названных субпровинций нашли адекватное отражение и в их металлогении, вследствие чего предопределяется целесообразность проведения рудноформационной типизации и металлогенетического анализа проявленного в Карельском регионе оруденения отдельно для каждой из них. За основу типизации рудных формаций и металлогенетических комплексов взяты наиболее информативные в металлогенетическом аспекте детерминационные признаки: геологический возраст, металлогенетическая эпоха,

геотектоническая позиция, геологическая формация, генетический и минеральный типы, главные и второстепенные рудные элементы, определившие структуру классификационных таблиц рудных объектов Карелии. Естественно, при составлении этих таблиц учитывались и другие характеристические признаки, известные к настоящему времени для того или иного проявления оруденения. Кроме этого, применялся также критерий масштабности, согласно которому определенная рудная формация выделялась только на основе имеющегося месторождения или высокоперспективного рудопроявления при условии наличия реальных предпосылок для перевода его в ранг месторождения при соответствующем доизучении.

Карельская металлогенетическая субпровинция

Рудообразование в пределах Карельской металлогенетической субпровинции происходило в обширном временном диапазоне (>3000–610 млн лет) в разнообразных геологических обстановках, доминирующими среди которых являются связанные с зарождением и эволюцией неогаргейских и палеопротерозойских зеленокаменных поясов.

Для **раннелопийской металлогенетической эпохи** (>3 млрд лет) выделяется только одна рудная формация – *урановая березитовая и эйситовая* гидротермально-метасоматического генезиса, связанная с плагиогранитовой магматической формацией (табл. 1). Она представлена рудопроявлениями Радужное и Хуккала в Западно-Карельской структурно-формационной зоне (Суоярвский район), открытыми Карельской ГЭ в семидесятые годы прошлого века. Кварцевожильно-штокверковое оруденение молибденит-уранинитового минерального типа приурочено к кварцевым жилам, штокверку микропрожилков и метасоматитам березит-эйситового ряда в межжильном пространстве. Средние содержания урана составляют ~0,02%, прогнозные ресурсы категории P₂ – 11000 т (Радужное), 80600 т (Хуккала) (Минерально-сырьевая..., 2005).

Со **среднелопийской эпохой** (3,0–2,8 млрд лет) связано формирование более разнообразного оруденения, относящегося к нескольким рудным формациям вулканогенно-осадочного, гидротермально-метасоматического и магматического генезиса (табл. 1) и ассоциирующегося с андезитобазальт-базальтовой, коматиит-голеитовой и андезит-дацит-риолитовой углеродистой формациями.

Вулканогенно-осадочное оруденение представлено медно-серноколчеданной, колчеданно-полиметаллической и железисто-кварцитовой рудными формациями.

Наиболее типичным примером *медно-серноколчеданной рудной формации* является Верхне-Вожминское рудопроявление (Сумозерско-Рыбозерский зеленокаменный пояс, Каменноозерский рудный район). Средние содержания меди – 2,1%, прогнозные ресурсы по P₂ – 65 тыс. т (Минерально-сырьевая..., 2005).

Таблица 1

Рудные формации и металлогенические комплексы Карельской металлогенической субпровинции

Геологический возраст	Металлогеническая эпоха	Металлогенический комплекс	Геологическая формация	Генетический тип	Рудная формация	Минеральный тип	Главные рудные элементы	Второст. рудные элементы	Типовые примеры
610 млн лет Венд	Вендская платформенная	Благороднометалльный конгломератовый авлакогенов	Аргилит-алевролит-конгломератовая песчаниковая лампролитовая Кимберлитовая	Осадочный	Золото-платиновая конгломератовая	Золото-платиновый	Au, Pt		Нименга Шапочка
1000 млн лет Средний рифей	Среднерифейская ТМА	Алмазоносный кимберлит-лампролитовый пловый	Кимберлитовая	Магматический	Алмазоносная кимберлитовая Алмазоносная кимберлитовая	Алмаз			Костомукша Таловейс Костомукша
1650 млн лет Вепсий	Свекофенская ТМА; Вепсийский этап	Алмазоносный кимберлитовый пловый	Кимберлитовая		Алмазоносная кимберлитовая	Алмаз			Клюзеро
1800 млн лет Калеви	Свекофенская ТМА; Калевицкий этап	Уран-меднорудный вулканогенно-фишлонидный палеорифтовый	Базальт-андезит-дацит-песчаниковая Алевролит-песчаниковая фишлонидная	Вулканогенно-осадочный	Урановая битумная песчаниковая Медистых песчаников	Настуран-коффинитовый Халькозин-борнитовый	U	Mo, Ag	Птицефабрика Руданское
		Титан-редкометалльный щелочноабброидный палеорифтовый	Щелочных габброидов и карбонатитов	Магматический	Комплексная железорудно-титановая с МПГ Редкоземельно-редкометалловая карбонатитовая	Ильменит-титаномангнетитовый Пироклор-колумбитовый	Ti, Fe	МПГ	Ельозеро Тикшозеро
1920 млн лет Людиковый	Свекофенская ТМА; Людиковый-ский этап	Комплексный (V, U, МПГ, Au, Cu, Mo) пикрит-черносланцевый палеорифтовый	Габронорит-перидотитовая	Магматический	Медно-никелевая в ультратрафитах	Халькопиритовый	Cu	Ag	Линдолампи
			Пикрит-базальт-карбонат-черносланцевая	Полигенный гидротермально-метасоматический	Золото-сульфидно-кварцевая жильная Уран-благороднометалльно-ванадиевая в метасоматитах зон СРД	Золото-галенит-теллуридный Роскэлит-уранинит-полисульфидный	Au	Cu, Pb, Ag	Майское
			Вулканогенно-осадочный Гидротермально-метасоматический	Вулканогенно-осадочный Гидротермально-метасоматический	Благороднометалловая черносланцевая Медно-полиметаллическая жильная в метасоматитах shear-зон	Халькопирит-галенит-сфалеритовый	МПГ	Au, Ag, U	Пажское
			???	Гидротермально-метасоматический	Халькопирит-галенит-сфалеритовый	Халькопирит-галенит-сфалеритовый	Cu, Zn, Pb	Au, Ba	Фаддейнкелья

2100 млн лет Ягулий	Ягулийская	МПГ - титан-железородный трапповый пломовый	Трапповая толент- базальтовая, (габбро- долеритовая) Базальт-карбонат- аргиллит- алевролитовая пестроцветная	Магматический	Платиносодержащая титаномагнетитовая с ванадием	Ильменит-титано- магнетитовый	Ti, Fe, V	МПГ, Au, Cu	Пудожгора Койкарско- Святнаволоцкое
		Железо-золото- меднородный вулканогенно-осадочный интракратонных бассейнов		Хемогенно- осадочный Гидротермально- метасоматический	Железо-марганцевая терригенно- карбонатная Меднородная	Гематитовый	Fe	Mn	Гуломозеро
			Конгломерат- кварцито- песчаниковая	Осадочный	Железородно-цинко- вая кварцевая Медно-кварцевая жильная	Магнетит- сфереритовый Халькопиритовый	Fe, Zn Cu	Cd Mo, Au, Ag	Вост. Повернецкое Ковадьярви Шуезерское
2300 млн лет Сариолый	Сариолыйская	Золото-конгломератовый эпикратонных бассейнов	Конгломерат- кварцито- песчаниковая	Гидротермально- метасоматический Гидротермально- метасоматический	Медистых песчаников и сланцев Золото-ураноносных конгломератов	Халькопирит- борнитовый Золото-мартип- гематитовый	Cu	Au, Ag, Mo, W U, Th, Cu, V	Воронов Бор Маймярви Ягулий-1 Черный наволок Маймярви Воцкое
2400 млн лет Сумий	Сумийская	Благороднометалльно- хромитовый расслоенных плутонов палеорифтовый	Конгломерат- андезиобазальтовая	Магматический	Золото-сульфидно- кварцевая Золото-сульфидно- кварцевая конгломератовая	Пирит-халько- пиритовый Золото- пиритовый	Au	Cu, Mo, Ag, Zn, As	Пайозеро Хатуной
			Перидотит- пироксенит- габброноритовая (расслоенная)	Магматический	Малосульфидная платинометалльная мафит-ультрамафит- товая	Платино- палладиевый	Pd, Pt	Au	Бураковское Лукулайсвара Клявка Цирринга и др. Аганозерское Шалозерское
			Андезицит- риолитовая, конгломерат- песчаник-анде- зибазальтовая	Гидротермально- метасоматический	Хромитовая в рас- слоенных мафит- ультрамафитах	Хромитовый	Cr	Au, Pt, Pd	Аганозеро
2500 млн лет Поздний лоний	Позднелоний- ская	Золото-уран- конгломератовый палеорифтовый	Андезицит- риолитовая, конгломерат- песчаник-анде- зибазальтовая	Осадочный	Никель-магнеливая серпентинитовая Золото-кварцевая малосульфидная	Гидротальцит- лизардитовый	Ni, Mg Au	U, Th	Аганозеро (скв. 195, скв. 229) Железные ворота
			Сиенит-гранодио- рит-гранитовая	Гидротермально- метасоматический плутонотенный	Золото-ураноносных конгломератов	Танталит-колум- битовый	Ta, Nb	Be, Li	Вершинное Жила Случайная

Северо-Вожминское месторождение – типовой пример *колчеданно-полиметаллической рудной формации*, расположено в Каменноозерском рудном районе Сумозерско-Рыбозерского зеленокаменного пояса. Колчеданное оруденение приурочено преимущественно к двум крутопадающим, субсогласным пластообразным залежам мощностью 3–20,5 м в лопийских вулканитах, прослеживающимся по простиранию на 200–400 м и падению до 400 м. Руды – массивные, полосчатые и вкрапленные, представлены халькопирит-пиритовым, сфалерит-пиритовым, халькопирит-сфалерит-пиритовым и пиритовым минеральными типами. Запасы (тыс. т) меди на месторождении составляют по C_1+C_2 – 10,2 при среднем содержании 0,28%; цинка по C_1 – 18,9, C_2 – 15,7, прогнозные ресурсы по P_1+P_2 – 138,6 тыс. т при среднем содержании 1,7% (Тытык и др., 1997; Минерально-сырьевая., 2005). В рудах постоянно присутствует золото (0,1–1,2 г/т) и серебро (5,0–167,1 г/т).

Формация железистых кварцитов среднелопийской эпохи представлена месторождением Корпанга и несколькими рудопоявлениями (Минерально-сырьевая., 2005). Месторождение Корпанга (C_1+C_2 – 166 млн т) приурочено к ядру синклинали складки шириной до 550 м в кварцито-гнейсо-сланцевой толще и представлено двумя рудными зонами (Западной и Восточной) протяженностью более 3 км при мощности 20–370 м. Рудные зоны инъецированы субсогласными и секущими дайками геллефлинт, гранитов, габбро, лампроитов, лампрофиров и сиенитов и имеют в целом дискретное строение за счет наличия в их объеме большого числа разномасштабных (мощность 5–120 м, длина – 200–2900 м) тел железистых кварцитов, перемежающихся с разнообразными сланцами, в том числе и углеродсодержащими, мигматитами и безрудными кварцитами. Рудные тела преимущественно амфибол-магнетитового состава падают на S_3 \perp 30–60° (Западная зона) и на восток \perp 60–90° (Восточная). Среднее содержание железа в рудах составляет около 30%.

Оруденение магматического генезиса среднелопийской эпохи представлено *медно-никелевой сульфидной в коматиитах рудной формацией* (проявления Золотопорожское, Лещевское, Рыбозерское), развитой в металавах базальтов и коматиитов кумбуксинской свиты в Каменноозерской структуре Сумозерско-Кенозерского зеленокаменного пояса (Тытык и др., 1997; Минерально-сырьевая., 2005 и др.). По состоянию изученности наиболее перспективным представляется рудопоявление *Лещевское*, расположенное в 42 км к юго-востоку от п. Валдай. Оруденение приурочено к двум горизонтам ультрамафитов, состоящих из серии сложных по морфологии лентообразных потоков метаперидотитовых коматиитов, переслаивающихся с основными метавулканитами (туфы, базальты), кварцитами и углеродсодержащими сланцами. Мощность лавовых потоков – 2–5 м (очень редко до 10–20 м), ширина – 150–200 м, протяженность – более 800 м в северо-восточном на-

правлении. Они сложены карбонат-тальковыми, хлорит-тальковыми, тальк-хлорит-амфиболовыми, карбонат-тальк-серпентиновыми породами с реликтами первичных текстур и структур. Рудная вкрапленность и прожилки халькопирит-пентландит-пирротин нового состава, местами содержащие также виоларит, хромшпинелиды, магнетит, зигенит и кобальтин, локализованы преимущественно в приподошвенных частях потоков. Рудные зоны с содержаниями (мас. %) никеля 0,37–1,8, меди – 0,02–0,15, кобальта – 0,011–0,062% сильно варьируют по мощности (0,2–5,4 м). Прогнозные ресурсы никеля составляют ~34 тыс. т.

Гидротермально-метасоматический тип оруденения среднелопийской эпохи представлен тремя рудными формациями (табл. 1), ведущей среди которых является *золото-сульфидно-кварцевая в shear-зонах*, выделяемая на основе месторождений Рыбозеро, Педролампи, Заломаевское и др. Расположенное в Южно-Выгозерском зеленокаменном поясе месторождение *Рыбозеро* локализовано в коматиитах, базальтах и алюмокремнистых породах и при геолого-промышленной типизации сопоставляется с золоторудными месторождениями типа Шеба (Горошко, 1980; Афанасьева и др., 1999; Минерально-сырьевая., 2005). Однако его геологические особенности и характеристические параметры полностью соответствуют мезотермальным золоторудным месторождениям орогенического типа в зонах сдвиговых дислокаций (по: Groves et al., 2003). Оруденение на месторождении Рыбозеро контролируется субмеридиональной зоной (протяженность ~5 км) рассланцевания и метасоматических преобразований (пропилитизация, лиственитизация, березитизация), приуроченной к ядерной части синформы, сложенной вулканитами кумбуксинской, каменноозерской и вожминской свит лопия. В метасоматитах выявлено два крутопадающих линзовидно-пластовых рудных тела с прожилково-вкрапленным оруденением. Первое – преимущественно среди лиственитизированных основных и ультраосновных метавулканитов хлорит-тальк-карбонатного состава, имеет среднюю мощность 1,5 м, прослеживаясь по простиранию на 850 м и падению – 300 м. Второе – примыкающее к висячему боку серноколчеданной залежи в пропилитизированных и березитизированных вулканитах среднего и кислого состава, при мощности 0,8 м прослеживается на 340 м по простиранию и 150 м по падению. Оруденение первого рудного тела представлено золотоносным (до 14 г/т) пиритом, халькопиритом, реже сфалеритом и самородным золотом (Кулешевич, Костин, 2003; Минерально-сырьевая., 2005 и др.). Содержания золота в нем варьируют от 1,4 до 3,87 г/т (средневзвешенное – 2,32 г/т). Минеральный состав руд второго рудного тела более сложен – пирит, пирротин, халькопирит, галенит, арсенипирит, сфалерит, бурнонит, висмутин, тетраэдрит, алтаит, ульманнит, колорадоит и самородное золото. Содержание золота в рудах – 1,0–2,6 г/т (максимальное – 14,0 г/т;

средневзвешенное – 1,8 г/т). Возраст оруденения 2,6–2,7 млрд лет (Pb/Pb метод по галениту). Запасы золота на месторождении Рыбозеро по C_2 составляют 3,28 т, прогнозные ресурсы по P_2+P_3 – 15 т (Горошко, 1980; Минерально-сырьевая..., 2005).

Позднелопийская металлогеническая эпоха (2,8–2,5 млрд лет) характеризуется широким спектром рудных формаций гидротермально-метасоматического, магматического, экзогенного и вулканогенно-осадочного генетических типов (табл. 1). К вулканогенно-осадочному типу относится рудная формация *железистых кварцитов*, представленная месторождениями Костомукшским, Межозерным, Гимольским, результаты детальных исследований по которым содержатся в многочисленных публикациях (Горьковец и др., 1991; Минерально-сырьевая..., 2005 и др.). Следует только добавить, что в рудах этих месторождений постоянно отмечаются значительно повышенные относительно кларка содержания золота.

Из рудных формаций магматического происхождения данной эпохи ведущей является *медно-никелевая сульфидная ультрамафит-мафитовая*, среди рудных объектов которой есть несколько месторождений, имеющих, вероятно, промышленное значение (табл. 1).

Восточно-Вожминское месторождение связано с Вожминским массивом ультрабазитов и секущей его дифференцированной дайкой верлит-пироксенит-габбровой формации (Федюк и др., 1979, 1984). Месторождение разведано до кат. C_1+C_2 , запасы руды составляют 1,94 млн т при среднем содержании Ni – 0,94%, Cu – 0,75%. Медно-никелевое оруденение локализуется исключительно среди ультрамафитов, слагающих дайку, приуроченную к тектоническому нарушению СВ простирания, и прослежено по падению до глубины 300 м без признаков выклинивания. Руды слагают две пластообразные залежи (средняя мощность ~4 м) общей длиной 380 м, падающие на СЗ под углом 60–70° и разделенные пострудной дайкой долеритов. В формировании рудных тел участвуют син- и эпигенетичная минерализация. Сингенетичное оруденение, представленное пирит-пирротиновой и халькопирит-пирит-пентландитовой ассоциациями, как самостоятельное промышленной ценности не представляет. Эпигенетическое оруденение приурочено к зонам наиболее измененных пород с интенсивно проявленными процессами тремолитизации, хлоритизации, карбонатизации и оталькования (Тытык и др., 1997). Руды состоят из пирротина, пентландита, халькопирита, виоларита, сафлорита. Кроме меди и никеля содержат Pt – 0,15 г/т, Pd – 0,22 г/т.

Лебяжинское месторождение связано с Кумбуксинским массивом ультрамафитов и во многом сходно с Восточно-Вожминским месторождением, отличаясь развитием эпигенетического миллерит-магнетитового парагенезиса, а также второстепенных никелевых минералов – хизлевудита, годлевскита, полидимита (Федюк и др., 1981). Запасы руды кат.

$C_1+C_2+P_1$ составляют 5,4 млн т при содержании Ni – 1%, Cu – 0,44%. Прогнозные ресурсы – 8,3 млн т руды. Руды содержат около 0,5 г/т МПП.

Наиболее важной рудной формацией гидротермально-метасоматического генезиса этой эпохи является *комплексная молибден-порфировая*, представленная месторождениями Лобаш, Лобаш-1, Пяяваара, Ялонвара.

Месторождение Лобаш-1 расположено в Тунгудско-Воингозерской структуре Авнеозеро-Парандовского зеленокаменного пояса и, являясь частью рудно-магматической системы Лобашского гранитного плутона (Тытык, 1998; Кулешевич и др., 2004; Минерально-сырьевая..., 2005), соответственно относится к порфировому (intrusion-related) типу месторождений. Штокверковая золоторудная минерализация локализована в экзоконтактовом ореоле гранитоидов на удалении 300–400 м от их кровли. Непосредственно в эндо-экзоконтакте гранитного плутона развито штокверковое молибденовое оруденение (молибденовое месторождение Лобаш). Возраст лобашских гранитов по циркону (ТИЭ, U/Pb) оценивается в 2807,7±1,4 – 2595,3±7,5 млн лет (Ларин, 1990; Беляцкий и др., 2002), а рудной минерализации: молибденит (Re/Os) – 2815–1570±85 млн лет (Н. Stein, ун. шт. Колорадо, США; Покалов, 1992); галенит (Pb/Pb) – 1,9–1,5 млрд лет (Ларин, 1990; Кулешевич и др., 2004). Граниты интродуцируют субгоризонтально залегающие метавулканисты пезозерской серии лопия, представленные пластовым чередованием пород разной кремнекислотности при ограниченном распространении их кислых разновидностей – кварцевых порфиров. Последние слагают пластообразные тела мощностью 1,0–30,0 м. Золотонесущая минерализация сосредоточена в карбонат-сульфидно-кварцевых прожилках, жилах и зонах прокварцевания мощностью до 1–2 м, сопряженных с расщеплением, биотитизацией и пропилитизацией, интенсивно проявленных вдоль контактов пород разной кремнекислотности и особенно вблизи кварцевых порфиров и риодацитов (Минерально-сырьевая..., 2005). Рудоносный пологозалегающий штокверк размером 800×800 м прослеживается до глубины 250–300 м и характеризуется на весь свой объем повышенными содержаниями золота – 0,01–0,1 г/т. Более высокие его концентрации – до 1 г/т зафиксированы в нескольких зонах мощностью >10 м. В рудных телах, имеющих преимущественно линзовидно-пластовую морфологию, со средней мощностью 0,9–1,8 м и протяженностью 20–235 м, среднее содержание золота составляет 4,71 г/т, меди – 0,4%, серебра – 10 г/т. Руды мелкозернистые полисульфидные (галенит, сфалерит, халькопирит, пирит, пирротин, висмутотеллуриды, электрум, самородные золото и висмут) (Кулешевич и др., 2004). Запасы золота на месторождении по категории C_2 оцениваются в 5,06 т, серебра – 10,7 т, меди – 4,3 тыс. т (Минерально-сырьевая..., 2005).

Под месторождением Ялонвара *комплексной молибден-порфировой формации* нами понимается весь

спектр рудных проявлений, связанных с Ялонварским гранитоидным плутоном, и в таком аспекте оно во многом сходно с месторождением Лобаш-Лобаш-1, отличаясь меньшими ресурсами молибдена, но большей комплексностью оруденения – Mo, Cu, W, Au, Ag, Te, Pb, Zn, In (Иващенко, Лавров, 1994; Иващенко и др., 2004).

Другая *молибденовая формация* данной эпохи – *кварцевожильно-грейзеновая* – представлена мелкими рудопроявлениями Карташи и Кочкома, характеризующимися также повышенными содержаниями As, Pb, Sn, Ag, Bi, F.

Выделение *золото-сульфидно-кварцевой рудной формации* на базе рудопроявлений Таловейс и Центрального нуждается в дополнительной аргументации. Не исключается целесообразность введения в данное наименование формации дополнения, несущего информативную нагрузку, подчеркивающую ее связь с гранитоидными интрузиями (т. е. или *порфировая*, или *intrusion-related*), но для этого необходимо проведение специализированных исследований.

Рудопроявление *Таловейс*, расположенное в 5 км западнее Костомукшского железорудного месторождения, вероятно, генетически связано с диорит-гранодиорит-гранитным массивом Факторный (Фурман, 2001). Рудные тела малообъемные столбообразной морфологии представляют собой тектонизированные и гидротермально-метасоматически-измененные гранитоиды с золотоносными кварцевыми жилами мощностью до 1,5 м и участками штокверкового прокварцевания. Содержание золота в жилах варьирует от 0,1 до 30 г/т, в штокверках – 0,5–4,0 г/т. Золото преимущественно высокопробное, размерностью 0,1–0,5 мм, образует округлые и дендритовидные зерна, ассоциируется с пиритом, пирротинитом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, леллингитом, шеелитом, самородным висмутом и висмутотеллуридами. Запасы золота на проявлении Таловейс составляют 15,9 кг (кат. С₂), прогнозные ресурсы – 60,9 кг (кат. Р₁).

На рудопроявлении *Центральном*, по данным А. Ф. Горошко (1995), золоторудная минерализация в виде округлых зерен и уплощенных сложной морфологии кристалликов размером 0,03–0,2 мм приурочена к зальбандам зон прокварцевания и серицитизации в катаклазированных плагиогранитах Хаутоваарской интрузии. Содержания золота составляют 0,03–20 г/т на суммарный опробованный интервал ~1 м. Прогнозные ресурсы по категории Р₃ при среднем содержании золота 6 г/т оцениваются в 3 т.

Из золоторудных формаций позднелопийской эпохи наиболее перспективной представляется *золото-полисульфидная в shear-зонах* (орогенический мезотермальный тип – по международной классификации), к которой, вероятно, как и на территории Финляндии, относится большинство проявлений золота в архейских зеленокаменных поясах Карельского кратона. Типичными ее представителями являются рудопроявления *Хатуноя* и *Соанйоки* в зеленокаменном поясе Ялонвара-Хатту-Лендеры.

Золото-полисульфидное оруденение пр. *Хатуноя* приурочено к низкотемпературным метасоматитам (пропилитоидам-березитоидам, часто с обильным турмалином), развивающимся преимущественно по андезидацитовым агломератовым метатупфам в крутопадающих сдвиговых зонах северо-западной – субмеридиональной ориентировки. По главным геологическим особенностям и генезису оно аналогично золоторудным месторождениям района Иломанси в Финляндии. Методами магнито- и электроразведки золотоносные сдвиговые дислокации фиксируются двумя аномальными зонами северо-западного – субмеридионального простирания мощностью до 100 м и протяженностью до 700 м, имеющими кулисообразное строение и практически соединяющими два ранее известных медно-полиметаллических рудопроявления – Хатуноя-1 и Хатуноя-2. Крупное (до 1 мм) самородное золото ассоциируется с пиритовой (в меньшей степени с медно-полиметаллической) минерализацией и редко с висмутином и арсенопиритом. Спорадически в рудах встречаются также самородные медь и свинец. Максимальное содержание золота составляет 4,75 г/т (штуфное опробование) на мощность 1 м; 1,08 г/т (бороздовое опробование) на 1,9 м; 0,53 г/т (1,01 с учетом штуфных проб) – на 8 м, серебра – 40 г/т (среднее – 1,89). Прогнозные ресурсы золота по категории Р₂ до глубины 100 м равны 4,05 т (Иващенко и др., 2004).

Сумийская металлогеническая эпоха (2,5–2,4 млрд лет) – одна из наименее продолжительных, но наиболее экономически значимых, так как именно с ней связано формирование ультрамафитовых расслоенных плутонов (Бураковский, Олангская группа) с крупными месторождениями хромитов и, вероятно, МПГ и золота (Трофимов, Голубев, 2002; Минерально-сырьевая..., 2005 и др.).

Крупнейшее в России *Аганозерское* хромитовое месторождение относится к *хромитовой в расслоенных мафит-ультрамафитах* рудной формации. Оруденение (Главный хромитовый горизонт – ГХГ) локализовано между ультраосновной и пироксенитовой зонами Расслоенной серии Аганозерского блока Бураковского массива. ГХГ – пластообразная залежь мощностью 0,7–6,3 м, образующая пологую синформу. Руды вкрапленные и массивные. Бортовые содержания триоксида хрома в рудных телах составляют 10–20%. Запасы и ресурсы Cr₂O₃ по категории С₁–Р₂ составляют ~40 млн т (Минерально-сырьевая..., 2005). Хромитовые руды содержат МПГ (ср. 0,371 г/т) и золото (ср. 0,026 г/т).

С расслоенными плутонами связана также *малосульфидная платинометаллическая мафит-ультрамафитовая* рудная формация. Рудные объекты этой формации известны в Бураковском массиве и интрузиях Олангской группы.

В *Бураковском плутоне* оруденение малосульфидного платинометаллического типа связано с сульфидсодержащими горизонтами верхней части клинопироксенитовой зоны и полосчатой подзоны габбро-

норитовой зоны (Ганин и др., 1995). Минералы МПГ представлены теллуридами и висмутидами платины и палладия. Количество сульфидов (преимущественно халькопирит, пентландит, пирит, пирротин) в них колеблется от 1 до 3%. Содержание МПГ в микро-расслоенных горизонтах достигает 3 г/т в клинопироксенитовой зоне и до 6 г/т в полосчатой подзоне при постоянном преобладании Pd над Pt. Среднее содержание МПГ – 0,42 г/т, золота – 0,49. Отмечается прямая корреляционная зависимость между содержаниями платиноидов и сульфидов.

В расслоенных интрузивах Олангской группы платинометалльное оруденение приурочено к норитовой серии дифференциатов. В массиве *Луккулайс-ваара* выявлено семь рудных зон протяженностью до 5 км при мощности 12–150 м, содержащих бедную сульфидную вкрапленность (1–2%) с МПГ (Гроховская и др., 1992; Ключин и др., 1994). Платиноидная минерализация ассоциируется с медно-никелевой (пентландит-пирротин-халькопирит) в средней и нижней части норитовой серии и в микрогабброноритах ее верхней части. Содержание МПГ в различных рудных горизонтах достигает 1,5–2 и 20 г/т соответственно. Наиболее широкий спектр сульфидов и минералов МПГ (сперрилит, меренскит, котульскит, майчнерит, мончеит, арсенопалладинит, теларгпалит, сопчеит, маякит, мертиит-II, изомертиит, стиллуотерит, брэггит, куперит, туламинит, холингвортит, ирарсит) отмечается в пегматоидных разновидностях микрогабброноритов.

Никель-магниева серпентинитовая рудная формация представлена Аганозерским месторождением никеленосных серпентинитов в Бураковском расслоенном массиве (Горошко, 1990). Продуктивная на никель залежь гидроталькит-лизардидотового состава окаймляет габброноритовую синформу с Аганозерским месторождением хромитовых руд. Ее ширина 1–5 км, протяженность – 12,5 км, мощность ~800 м. Содержание в рудах никеля и магния в кислоторастворимых формах составляет соответственно 0,24–0,29% и 25,2–26,8%. Прогнозные ресурсы по P₃ оцениваются >7 млн т (Минерально-сырьевая..., 2005).

Сариолийская эпоха (2400–2300 млн лет) в металлогеническом аспекте крайне бедна и представлена по состоянию изученности всего лишь одной рудной формацией – *золото-сульфидно-кварцевой* в генетической и пространственной ассоциации с андезибазальтами и конгломератами (руд. Пайозеро). Крупных или высокоперспективных рудных объектов, сформировавшихся в эту эпоху, нет.

Ягулийская эпоха (2300–2100 млн лет), как проявление этапа деструкции консолидированного к этому времени архейского Карельского кратона, характеризуется соответствующими геотектоническими обстановками (интраконтинентальные впадины и рифты) со свойственными им преимущественно осадочными и гидротермально-метасоматическими генетическими типами оруденения, представленными несколькими рудными формациями (табл. 1). Ее метал-

логеническое своеобразие заключается в появлении (впервые в истории геологического развития Карельской металлогенической субпровинции) оруденения, относящегося к следующим рудным формациям: медистых песчаников, платиносодержащей титаномагнетитовой с ванадием, железорудно-цинковой скарно-вой и железо-марганцевой терригенно-карбонатной.

Формация медистых песчаников представлена месторождением Воронов Бор (добыто около 15 тыс. т руды) и несколькими рудопроявлениями.

Месторождение Воронов Бор расположено в северо-восточной части Онежской структуры в 8 км юго-западнее г. Медвежьегорска. Рудная минерализация (халькопирит, борнит, халькозин, пирит, магнетит, ильменит, молибденит, сам. серебро, арсенопирит, рутил) приурочена в основном к маломощной (5,0–9,8 м) пачке кварцевых песчаников, гравелитов, галечных конгломератов, залегающей на вулканитах янгозерской свиты нижнего ятулия. Рудное тело пластовой морфологии мощностью 3–12 м падает на восток под углом 18–20°. Оно прослеживается по простиранию на 300 м и по падению на 120–140 м. Содержание меди в нем составляет в среднем 1,3%. В рудах содержатся также золото – 0,8–3,3 г/т (в богатых рудах до 77 г/т), серебро – 21–125 г/т (в богатых рудах до 990 г/т), молибден и вольфрам. Запасы меди по категориям В и С₁ оцениваются в 11,5 тыс. т, а прогнозные ресурсы (P₂) золота – в 0,75 т (1 г/т), серебра – 7,8 т (10,2 г/т).

Платиносодержащая титаномагнетитовая с ванадием рудная формация выделяется на базе двух крупных комплексных месторождений – *Пудожгорского и Койкарско-Святнаволоцкого*.

Пудожгорское месторождение связано с одноименной пологозалегающей (5–50°) пластообразной слабодифференцированной интрузией габбродолеритов, прорывающей архейские гранитоиды на восточном побережье Онежского озера (Трофимов и др., 1999 и др.). Интрузия прослеживается в северо-западном направлении более чем на 7 км, сохраняя практически неизменной свою мощность (130–180 м), уменьшающуюся на ее флангах до 40–50 м. Титаномагнетитовое оруденение (густая равномерная вкрапленность) приурочено к псевдостратифицированному горизонту мощностью около 20 м между габбровой (нижней) и диоритовой (верхней) зонами интрузии, залегающему параллельно лежащему контакту интрузии и на расстоянии ~30 м от него. В пределах горизонта оконтурено три рудные залежи протяженностью в 1000–3000 м и мощностью 7,2–23,2 м. Выделяются руды с содержанием титаномагнетита 45–75% и 25–45%. Богатые руды доминируют. Оруденение выдержано по простиранию и падению (до 380 м) на всем протяжении интрузии. Средние содержания железа составляют 22–29%, TiO₂ – 8,1%, V₂O₅ – 0,4%. Руды комплексные – содержат повышенные концентрации меди (0,1–0,28%), золота (0,14–0,3 г/т), платины (до 0,51 г/т), палладия (до 1,11 г/т). Платиноидное и золотое оруденение представлено теллуридами Pt и Pd – котульски-

том, меренским, сопчеитом, кейконнитом, сперритом, самородным золотом и электрумом, ассоциирующимися с сульфидами (халькопирит+борнит). Суммарные содержания золота и МПГ достигают 1,0–2,0 г/т при среднем около 576 мг/т для Пудожгорского и 875 мг/т для Койкарско-Святнаволоцкого месторождений. В пределах титаномагнетитового горизонта имеются слои мощностью 5–7 м, обогащенные МПГ со средним содержанием 1,5–2 г/т. При этом в Пудожгорском месторождении обогащена нижняя часть рудного горизонта, а в Койкарско-Святнаволоцком – верхняя. Прогнозные ресурсы титана категории Р₁ по Пудожгорскому месторождению составляют 200,0 тыс. т, МПГ – 590 т, золота – 160 т (Трофимов, Голубев, 2002).

Железородно-цинковая скарновая рудная формация выделяется на базе месторождения Ковадьярви, расположенного в Туломозерской структуре и приуроченного к в различной степени скарнированным, тремолитизированным и серпентинизированным доломитам, содержащим прослой кварцитов и углеродсодержащих сланцев. На месторождении выделяется четыре рудных тела, протяженность которых варьирует в пределах 53–208 м по простиранию и 22–75 м по падению при мощности 0,31–7,9 м. Рудная минерализация, представленная преимущественно магнетитом и сфалеритом, характеризуется гнездообразным распределением. Содержание цинка в рудах изменяется от 3,0 до 30% (среднее – 9,75%), железа – 12,0–36,0% (среднее – 16,12%). Кроме этого, отмечаются также повышенные содержания кобальта (0,03–0,1%) и кадмия (0,02–0,09%), последний концентрируется исключительно в сфалерите. Запасы цинка составляют 600 т (кат. В), 6000 т (кат. С₁) (Молоткова, 1951).

К *железо-марганцевой терригенно-карбонатной рудной формации* относится Туломозерское месторождение, представляющее собой группу сближенных мелких рудных объектов в доломитах одноименной свиты севернее д. Колатсельга (Желубовский, 1931). Рудные тела, сложенные в основном сплошными массивными гематитовыми рудами, крутопадающие, преимущественно пластообразные. Их параметры сильно варьируют: мощность – 0,1–1,5 м; протяженность – 30–2400 м; ширина по падению – 10–300 м. Содержание железа в массивных рудах достигает 50–60%. Общие запасы железа по месторождению составляют 3270 тыс. т.

Формация золото-ураноносных конгломератов включает проявления *Ятулий-1*, *Маймьярви*, *Совдозеро* и др.

Рудопроявление *Ятулий-1*, находящееся вблизи д. Совдозеро, локализовано в северо-западном крыле субмеридиональной пологой антиклинальной складки на контакте ятулия и сариолия (Негруца, Негруца, 1997). Ятулийские конгломераты в серицит-кварцевом цементе содержат высокованадиевый мартит, гематит и самородное пленочное золото (до 100 г/т).

Рудопроявление *Маймьярви* расположено в восточной части Янгозерской структуры. В ятулийских

кварцевых конгломератах мартит-гематитового типа установлены содержания золота до 10 г/т при среднем – 2 г/т на два продуктивных горизонта конгломератов мощностью 35–78 м (Коровкин, Турылева, 1997). Прогнозные ресурсы участка Маймьярви по Р₂ оцениваются в 19 т и по Р₃ – 51 т золота. Здесь же известно еще одно аналогичное рудопроявление Лоаккалампи с прогнозными ресурсами золота по Р₃ – 20 т.

В целом прогнозные ресурсы золота данной формации для Янгозерской структуры 19–71 т (ср. сод. Au – 2 г/т). Руды содержат уран до 0,09%. Перспективы не ясны.

Свекофеннская металлогеническая эпоха (2100–1750 млн лет) подразделяется на три этапа: людиковийский (2,1–1,92 млрд лет), калевийский (1,92–1,80 млрд лет) и вепсийский (1,80–1,75 млрд лет). Первый из них представлен несколькими рудными формациями (табл. 1), среди которых наиболее важной в экономическом аспекте является *уран-благороднометалльно-ванадиевая в метасоматитах зон СРД*.

К *уран-благороднометалльно-ванадиевой в метасоматитах зон СРД рудной формации* относятся комплексные месторождения *Средняя Падма*, *Царевское*, *Весеннее*, *Космозеро* и другие в Онежском рудном районе (Петров, 1985; Самойленко, Новиков, 1994 и др.). Зоны СРД представляют собой серию антиклинальных структур шириной 2–5 км и протяженностью в десятки км, ориентированных параллельно главной оси рифта. Они трассируются ореолами метасоматитов, внешние части колонок которых в вулканических породах представлены щелочно-амфиболовыми пропилитами, а тыловые – кварц-альбитовыми и слюдисто-карбонатными метасоматитами, вмещающими комплексное оруденение. Установлено шесть зон СРД в восточной части Онежского прогиба и предположительно, по геолого-геофизическим данным, еще пять – в западной. Комплексное МПГ-содержащее оруденение локализовано в шунгитсодержащих сланцах и алевролитах нижней подсвиты заонежской свиты, на крутопадающих и опрокинутых крыльях и в сводовых частях осевых (падминская, царевская) и фланговых (саврозерская) антиклиналях. Продуктивные зоны месторождений представлены ореолами окolorудных изменений пород, развитых вдоль продольных субгоризонтальных зон объемного дробления (катаклаза, брекчирования, трещиноватости) алевролитов и сланцев заонежской свиты. Выделяются дорудные и рудные метасоматиты, в совокупности образующие зональный ореол, центральные части которого вмещают наиболее богатое золото-уран-ванадиевое оруденение. По Л. И. Гурской (2000), метасоматиты во внешних зонах ореолов представлены рибекит-доломит-альбитовыми, сменяющимися последовательно к их центру карбонат-роскоэлит-хромфенгитовыми (карбонатно-слюдистые метасоматиты) и хромфенгит-флогопит-роскоэлитовыми (слюдистые) ассоциациями. На долю двух внутренних зон приходится 95% объемов ванадиевого и уранового оруденения, где сконцентрированы также МПГ

и золото. Рудные тела простой морфологии расположены в разрезах ярусно с кулисообразным перекрытием, вытянуты в северо-западном направлении. Их параметры довольно выдержаны по простиранию и падению и для разных месторождений составляют: протяженность – 0,3–1,3 км, ширина по падению – 50–200–300 м, средняя мощность – 9–12–30 м. Ванадий сосредоточен преимущественно в росколите и ванадиевом флогопите, в меньшей степени – в гематите и уран-ванадатах. Средние содержания V_2O_5 составляют для категорий запасов C_1 – 2,78%, C_2 – 1,97%. В контуре ванадиевых руд местами развито урановое оруденение, представленное вкрапленностью и микропрожилками уранинита, настурана, титанотов и ванадатов урана. Среднее содержание урана в уран-ванадиевых рудах составляет 0,061–0,074%. В рудах отмечаются также повышенные содержания золота и МПГ. В среднем содержания МПГ составляют не более 0,2–0,3 г/т (Pt/Pd – 10/1), но на отдельных участках мощностью до 1,5–2,5 м выявлены ураганные концентрации (в г/т): Pt – 56, Pd – 140, Rh – 1, Au – 126. Минеральные формы платиноидов представлены висмутитами, селенидами, селеносульфидами Pd и Pt, среди которых выявлены новые минералы: падмаит – PdBiSe и судовикит – PtSe (Гурская, 2000). Обычно золото и платиноиды ассоциируются с сульфидной минерализацией.

В целом для Онежского рудного района суммарные запасы пентоксида ванадия в месторождениях зон СРД оценены в 556 тыс. т (Минерально-сырьевая..., 2005).

Главной рудной формацией калевийского этапа свекофеннской эпохи тектоно-магматической активизации в пределах Карельской металлогенической субпровинции является *комплексная железорудно-титановая в щелочных габброидах*, представленная рудными объектами в пределах Тикшозерско-Ельтьозерского магматического комплекса щелочных габброидов и карбонатитов.

Ельтьозерское железорудно-титановое месторождение состоит из трех разобщенных участков – Сури-Вара, Нято-Вара и Межозерный, линзовидные и пластобразные рудные тела в пределах которых приурочены к крутопадающему продуктивному горизонту основных-ультраосновных пород между нефелиновыми сиенитами и крупнозернистыми габбро. Продуктивный горизонт шириной 300–600 м прослеживается в субмеридиональном направлении на 30 км. Руды вкрапленные и полосчатые состоят из ильменита, титаномагнетита и магнетита. В соответствии с сортоностью руд средние содержания двуокиси титана в них составляют 6,86–13,8%, железа – 15,32–37,5%, пентаоксида ванадия – 0,06–0,18%. Запасы руды по кат. C_1+C_2 оцениваются в 102,3 млн т (Минерально-сырьевая..., 2005 и др.).

С вепсийским этапом свекофеннской эпохи выделяется *алмазоносная кимберлитовая рудная формация* на базе *Кимозерского кимберлитового* проявления, находящегося в центральной части Заонежского полуострова в 75 км к ЮЗ от Петрозаводска (Ушков, 2001

и др.). Оно приурочено к осевой части габбродиабазового силла, залегающего в нижнепротерозойской толще переслаивания шунгитсодержащих сланцев и потоков метадиабазов. Коренной выход кимберлитов имеет форму овала с размерами 2000×800 м и по геофизическим данным является, вероятно, частью силлоподобной интрузии либо диатремового тела с кратерной зоной блюдцеобразной морфологии. Видимая мощность кимберлитового тела в краевой зоне 50–70 м. Возраст кимберлитов по данным Sm-Nd метода 1764 ± 125 млн лет (Mahotkin, 1999). Кимберлит состоит в основном из серпентина (антгорит и лизардит), карбоната и в меньшей степени – амфибола (тремолит, актинолит), хлорита (клинохлор, шамозит) и магнетита. Характерны псевдоморфозы карбонат-серпентинового агрегата по оливину и хлорита по флогопиту, а также туфовые и брекчиевые текстуры. Минералы-индикаторы представлены главным образом хромшпинелидами, большей частью отвечающими по химизму хромитам алмазоносных включений, в единичных количествах – пиропом и др. В 18 пробах средним весом 60 кг, относительно равномерно покрывающих коренной выход кимберлитового тела, выявлено 97 кристаллов алмаза размером до 2 мм. В восьми крупнообъемных пробах средним весом по 2600 кг обнаружено 14 кристаллов алмаза. Зерна алмаза были установлены также в четырех шлиховых пробах, отобранных в контуре тела из аллювия мелкого водотока и из моренных отложений.

Среднерифейская металлогеническая эпоха ТМА (1,35–1,0 млрд лет) представлена в Карельской металлогенической субпровинции двумя рудными формациями – *алмазоносной лампроитовой и алмазоносной кимберлитовой*. Обе рудные формации проявлены в Костомукшском рудном районе и контролируются региональной субмеридиональной зоной разломов. В пределах Костомукшского лампроитового поля выявлено четыре куста лампроитовых тел (Проскуряков и др., 1990; Борисова, 1998 и др.), преимущественно даек: Костомукшский (53), Корпангский (9), Таловейский (9) и Южно-Таловейский (3 дайки). Алмазы установлены в лампроитах Костомукшского и Таловейского кустов и в рыхлых отложениях на площади Корпангского куста.

Проявление алмазов «Костомукшский куст» находится в контуре Костомукшского железорудного месторождения. Алмазы установлены в количестве от 1–2 знаков в малообъемных пробах (3 пробы по 60 кг) до 29 знаков в крупнообъемной (1 проба 10 т). Алмазы преимущественно в виде сколков и обломков, а также кристаллов (октаэдры и их сростки, реже додекаэдры) размером 0,05–0,62 мм, бесцветные или сероватые, буроватые, желтоватые, прозрачные, полупрозрачные и непрозрачные. Концентрация алмазов в крупнообъемной пробе составляет 0,2 кар/100 т. В. А. Коровкин (1999) оценивает ресурсы этого проявления алмазов по кат. P_2 в 3,4 млн карат.

Проявление алмазов «Таловейский куст» находится в 9,5 км к северо-западу от г. Костомукши, в

районе золоторудного проявления Таловейс. Алмазы установлены в единичных керновых пробах и в малообъемной пробе из канавы № 501 (два обломка алмазов – кристаллов кубической формы размером 1,2–1,3 мм). Содержание алмазов в малообъемной пробе составляет 27,4 кар./100 т. В пробе присутствуют хромшпинелиды, барит, анатаз, муассанит. Прогнозные ресурсы проявления кат. P₂ – 0,8 млн карат (Коровкин, 1999). Рудная формация проявлений алмазов, согласно Л. А. Увадьеву (1991), определена как алмазная кимберлит-лампроитовая.

Алмазонасная кимберлитовая рудная формация выделяется по нахождению кимберлитов в районе Костомукшского карьера (Журавлев и др., 1994) и наличию среди даек лампроитового комплекса в подчиненном количестве оранжитов (кимберлиты II) (Путинцева, Ульянов, 1999). В последующем проявления кимберлитов района Костомукшского месторождения исследовались сотрудниками ИГ КарНЦ РАН (Попов и др., 2007).

С **вендской металлогенической эпохой** (610–570 млн лет) связано формирование благороднометалльного оруденения *золото-платинометалльной конгломератовой рудной формации* – Шапочка, Нименьга (Шевченко и др., 2007).

На рудопроявлении *Шапочка* золотоносные конгломераты с наиболее высокими содержаниями (до п г/т Au и Pd) благородных металлов залегают на золотосодержащих метасоматитах, развитых по метавулканикам свиты Ветренный Пояс. В субширотных пересечениях вендских отложений золото (часто с платиной) распределено неравномерно, контролируется, по-видимому, отдельными «струями» или «карманами» в приплотиковых частях горизонта конгломератов. В гравелитовом горизонте (отложения прибрежно-пляжевых фаций) знаки золота и платиноидов распределены более равномерно с преобладанием единичных зерен железистой и палладистой платины. Здесь же встречаются отдельные крупные золотины, представленные медистым золотом – купроауридом. В субмеридиональном направлении с юга на север отмечается постепенный рост содержаний золота в конгломератах отложений потоковых фаций с достижением максимальных его концентраций (до 3,35 г/т) в конгломератах прибрежных (пляжевых) фаций. Золото в них распространено равномерно на всю мощность горизонта (5 м), а его содержание варьирует в пределах 0,3–1,96 г/т (средневзвешенное – 1,24 г/т). Рудопроявление Шапочка тождественно более детально изученным благороднометалльным объектам в вендских конгломератах на Нименьгской площади в Архангельской области (Медведев, 2000). Протяженность полосы развития золотоносных конгломератов венда на этой площади составляет 60 км при ширине от 0,5–1,0 до 4,0–5,0 км (в среднем 2 км). Мощность продуктивного пласта варьирует от 2,0 до 18,0 м. Прогнозные ресурсы золота до глубины 100 м оцениваются в 145 т при его среднем содержании 2–4 г/т.

Свекофеннская металлогеническая субпровинция

Рудообразование в пределах Свекофеннской металлогенической субпровинции, в отличие от Карельской, происходило в сравнительно узком временном диапазоне (2000–1350 млн лет) в геологических обстановках, связанных с рифтингом архейского Карельского кратона по оси – Раахе-Ладога (от северной Швеции до Ладожского озера), новообразованием океанической коры и последующим их конвергентным взаимодействием с генерацией офиолитовых, островодужных и окраинно-континентальных комплексов и их аккрецией и коллизией во время свекокарельского орогенеза (Nironen, 1997), а также с раннерифейской тектоно-магматической активизацией и платформенным этапом развития в среднем рифее. Соответственно выделяется три металлогенические эпохи – свекофеннская, раннерифейская и среднерифейская.

Со **свекофеннской металлогенической эпохой** (2,1–1,75 млрд лет) связано разнообразное по генезису оруденение нескольких рудных формаций (табл. 2), среди которых наиболее перспективными в промышленном аспекте являются комплексная молибден-ванадиевая черносланцевая, медно-никелевая благороднометаллическая, золото-теллуридная кварцевожильная в shear-зонах, золото-арсенидная в березитоидах shear-зон и вольфрамовая и полиметаллическая скарновые.

Комплексная молибден-ванадиевая черносланцевая рудная формация представлена несколькими рудопроявлениями (Леппяюрское, Ковадьярвинское и др.) в зоне сочленения Карельского архейского кратона и Свекофеннского складчатого пояса (Артамонова, Духовский, 1989). Их общей особенностью является приуроченность к толщам углеродсодержащих кварц-биотитовых и биотит-полевошпат-амфиболовых сланцев с горизонтами графитистых сланцев мощностью до 50–60 м, содержащими сульфидную вкрапленность (пирит, пирротин, халькопирит, молибденит, галенит, сфалерит, кобальтин и др.), ванадийсодержащий (V ~1%) биотит и имеющими аномально повышенные содержания ряда элементов (V, Mo, Co, Ni, Se, Cu, Pb, Zn, Ag, МПГ и др.). На рудопроявлении *Леппяюрском* выделяются три ярусно расположенные стратифицированные залежи высокоуглеродистых сланцев со средним содержанием V₂O₅ 0,27% на мощность 16 м, прослеживающиеся по простиранию на 700 м. Рудная минерализация, образующая тонкорассеянную вкрапленность и микропрожилки в брекчиевидных разностях сланцев, помимо высоких содержаний главных рудных элементов (V – 0,27%, Mo – 0,06%), сопровождается повышенными концентрациями Co (до 0,05%), Ni (0,15%), Sc (до 150 г/т), Pd (до 0,3 г/т), Ag (до 10 г/т), Se, Y, Mo, Cu, Pb, As, Sb, Bi, Se и др. Прогнозные ресурсы категорий P₁+P₂ оценены в количестве 320 тыс. т V₂O₅ (Артамонова, Духовский, 1989).

Таблица 2

Рудные формации и металлогенические комплексы Свеклофеннской металлогенической субпровинции

Геологический возраст	Металлогеническая эпоха	Металлогенический комплекс	Геологическая формация	Генетический тип	Рудная формация	Минеральный тип	Главные рудные элементы	Второст. рудные элементы	Типовые примеры
1000 млн лет Средний рифей	Среднерифейская платформенная	Урановый зон несогласия авлакогенов	Трахизаальт-песчаниково-гравелитовая	Гидротермально-метасоматический	Урановая с медью и полиметаллами в зонах несогласия	Настуртан-коффинитовый	U	Pb, Zn, Cu	Карку
1350 млн лет Ранний рифей	Раннерифейская ТМА	Редкометалло-олюворудный зон тектоно-магматической активизации	Габбро-анортозит-рапакивигранитная	Магматический, метасоматический	Редкоземельно-редкометаллная апогранитовая	Танталит-колумбитовый	Ta, Nb	Be	Миозилампи Люпикко
1650 млн лет Свеклофеннская орогенная		Редкометалло-вольфрамовый зон и аккреционных орогенов	Габбро-монцодиорит-сиенитовая Пегматоидных гранитов	Магматический, метасоматический Магматический	Комплексная редкометалло-олюворудная скарново-трейзеновая Комплексная олюворудно-скарновая Полиметаллическая скарновая	Хризоберил-фенакит-сфалерит-касситеритовый Халькопирит-сфалерит-касситеритовый Галенит-сфалеритовый	Sn, Be, Zn Sn, Zn Cu	Cu, Pb Cu	Холуньяра Укса ЮЗ-Люпикко Питкяранга Китела
1800 млн лет Калевий		Титан-медь-никель-благороднометалльный континентальных окраин	Риодацит-диорит-тоналит-гранитовая Габбродолеритовая Доломитовая	Магматический Метасоматический Гидротермально-метасоматический Гидротермальный аматический	Редкометалло-вольфрамовый пегматитов Вольфрамовая скарновая Золото-арсенидная в безрезитолах shear-зон Уран-полиметаллическая	Лепидолит-колумбитовый Шеелитовый Золото-арсенидопиритовый Уранинитовый	Li, Nb, Ta W Au, Ag, Sb U	Sn, Be Cu, Zn Mo, Cu, Pb, Zn Pb, Zn, Ag, As	Июкиранга Лавастюря Мескуваара Алатту, Пякюля, Янис Варалаhti Мраморная гора Райконкоски
1920 млн лет Людиковый		Комплексный (V, Mo, Mn) черносланцевый островодужный	Пироксенит-габбронорит-монодиоритовая Пироксенит-габбронорит-диоритовая Песчаник-алевритовая турбидитовая	Магматический	Кварцевожильная Титан-железородная Медно-никелевая Благороднометаллная Комплексная молибден-ванадиевая черносланцевая	Халькопирит-сперриллитовый Молибденит-V-биотит-пиритовый	Ti, Fe, V Cu, Pt, Pd, Au Mo, V, Zn	P, Au, Mn Ni	Велимяки Мякисало Сурисуо Арамиллампи Ковальярви Лепшяюрвя Райконкоски

К медно-никелевой благороднометалльной в метапироксенитах рудной формации относятся рудопроявления Сурисуо и Араминлампи в интрузиях кааламского типа в Северном Приладожье.

На проявлении *Араминлампи* медно-никелевая минерализация локализована в зоне контакта амфиболизированных пироксенитов с оливиновыми пироксенитами и представляет собой неравномерно распределенную сингенетическую вкрапленность пирротина и халькопирита. Отмечаются также зоны с богатым эпигенетическим оруденением, содержание пирротина в которых варьирует от 10 до 50%, а содержания халькопирита достигают 1%. Мощность отдельных рудных зон меняется от 10–20 см до 2–3 м при суммарной мощности всей оруденелой зоны 11 м. Оруденение гнездово-вкрапленное, местами прожилковое представлено преимущественно пирротин, халькопиритом, пентландитом и ильменитом. В незначительных количествах содержатся валлерит, молибденит, сфалерит. Средние содержания меди в эпигенетических рудах составляют 0,1–0,22%, никеля – 0,03–0,08%, кобальта – 0,01–0,03% (Макарова и др., 1971). Среди эпигенетического оруденения в тектонических зонах выделяется кварцевожильное с самородными висмутом и серебром (до 500 г/т), содержащее также золото (0,2 г/т).

Рудопроявление *Сурисуо* локализовано в одноименном массиве, расположенном в 1,5 км северо-западнее Кааламской интрузии. Оруденение локализовано в зонах сдвиговых дислокаций и смятия в метасоматически преобразованных пироксенитах и габброидах. Рудовмещающие в различной степени подсланцованные и биотитизированные (\pm хлорит, карбонат, кварц) порфиробластические амфиболизированные пироксениты и их оливинсодержащие разновидности имеют повышенные содержания меди (0,2–1,0%), никеля (0,01–0,1%), кобальта (до 0,05%), платины (0,19 г/т), палладия (0,3 г/т), золота (0,034 г/т). Мощность рудных зон в пироксенитах, содержащих халькопирит, пирротин, пирит, пентландит, виоларит, сфалерит, галенит, борнит, халькозин, ильменит, магнетит, арсенопирит, самородные платину, золото и серебро, сперрит, висмутотеллуриды, минералы системы Pd-Bi-Te (майченерит, котульскит, соболевскит, фрудит), англезит и барит, составляет 3–14 м.

Наиболее ярким представителем *золото-теллуридной кварцевожильной в shear-зонах* рудной формации является проявление Райконкоски (Ivashchenko et al., 2007).

Рудопроявление *Райконкоски* находится в 2 км северо-западнее одноименного поселка в Суоярвском районе Республики Карелия вблизи контакта гранитогнейсов архея и вулканогенно-осадочных образований соанлахтинской свиты нижнего протерозоя. Рудопроявление представлено серией кварцевых и карбонат-кварцевых жил в метадолеритовом силле среди вулканогенно-осадочных толщ соанлахтинской свиты PR₁. Рудоносные жилы (общим числом 5–6 в пределах карьера) имеют преимущественно се-

веро-западное и субмеридиональное простирание с крутым падением на юго-запад – запад. Они приурочены к осевым частям зон сдвиговых дислокаций мощностью до 1–1,5 м и видимой протяженностью в плане до 70–100 м, в пределах которых долериты интенсивно рассланцованы и подвержены низкотемпературным метасоматическим преобразованиям (хлоритизация, карбонатизация, окварцевание, турмалинизация и др.), сопровождающимся тонкодисперсной сульфидной минерализацией. Рудная минерализация в жилах чрезвычайно разнообразна. Она подразделяется на несколько минеральных ассоциаций: пиритовую, полисульфидную, галенит-висмутотеллуридную с минералами серебра и золота и самороднометалльную с интерметаллическими соединениями. Ведущими среди них на золото и серебро являются две последние ассоциации. В рудах Райконкоски содержания главных рудных минералов перечисленных минеральных ассоциаций местами превышают 10% и соответственно содержания меди и свинца – 5%, цинка, висмута – 1%, селена – 219 г/т, теллура – 171 г/т, сурьмы – 3 г/т, мышьяка – 5 г/т, серебра – >0,1%, золота – 25,28 г/т (табл. 1). Углеродсодержащие сланцы, подстилающие долериты с рудоносными карбонат-кварцевыми жилами, по данным бурения интенсивно брекчированы, пронизаны многочисленными кварцевыми прожилками, имеют повышенные содержания Mo – 0,022–0,046%, Cu – 0,05%, Pb – 0,032%, Zn – 0,05%, V – 0,1–0,15%, Ag – 1–3 г/т, Au и элементов платиновой группы. Они содержат неравномерно распределенную рудную минерализацию – пирит, рутил, ильменит, молибденит, халькопирит, ковелин, галенит, клаусталит, кобальтин, сфалерит, пирротин, осмиридий, самородные – медь, цинкистую медь (Zn ~35%), никель, железо, олово (Pb – 5%), свинец (Sb – 7%, Sn – 5%), серебро. Рудная минерализация в черных сланцах и в кварцевых жилах имеет признаки генетического единства, представляя собой различные уровни рудной системы, контролировавшейся сдвиговыми дислокациями разного порядка, проявленными в области сочленения Карельского кратона (AR₂) и Свекофенского складчатого пояса (PR₁). Она имеет несколько одинаковых редких минералов (селенистый галенит, клаусталит, самородные цинкистая медь, олово, свинец, серебро), определяющих ее геохимическую специфику.

Золото-арсенидная в беззитоидах shear-зон рудная формация представлена несколькими перспективными проявлениями в рудном поле Алатту-Пякюля-Янис. Рудное поле, объединяющее пункты золоторудной минерализации, известные под наименованием Алатту (Артамонова, Духовский, 1989), благороднометалльное проявление Пякюля, золото-мышьяковистое проявление Янис (Степанов и др., 2004) и точки рудной минерализации между ними, расположено в тектонически активной зоне, испытавшей интенсивные сдвиговые деформации. Здесь широко проявлен малоглубинный известково-щелочной магматизм. Установлено несколько десятков

слабоэродированных штоковидных и дайковых тел протяженностью до 1,5 км, сложенных преимущественно порфиоровыми фациями пород от диоритов до риолитов. Их геологические, петрогеохимические и петрологические особенности указывают на принадлежность к свекофеннскому синорогенному (~1,88 млрд лет) магматизму, с которым на сопредельной территории Финляндии известны многочисленные мелкие золоторудные месторождения (Nurmi et al., 1984; Kontoniemi, 1998; Eilu, 1999). Дайковые тела прорывают толщу слабометаморфизованных ладожских турбидитов с углеродсодержащими алевролитами, кварцитопесчаниками и кварцитами, содержащими стратиформную сульфидную минерализацию.

Благороднометалльное оруденение рудного поля Алатту-Пякюля-Янис локализуется в золоторудоконтролирующем структурно-вещественном комплексе, представленном системой сдвиговых дислокаций и приуроченных к ним сингенетичных изофациальных метасоматитов – березит-пропилитового ряда в габброидах, амфиболовых сланцах и скарноидах. Рудная минерализация в метасоматитах представлена несколькими генерациями арсенопирита, халькопирита, пирита, пирротина, марказита, мельниковита, сфалерита, галенита, блеклой руды, гудмундита, самородной сурьмы, ульманнита, сурьмяных сульфосолей свинца (буланжерита, джемсонита, менегинита, шульцита, фалькманита), электрума и самородного высокопробного (940–980) золота (Ивашенко и др., 2002). Наиболее высокие его содержания золота – до 33 г/т – приурочены к местам максимального проявления дислокационных дефектов в породах и минералах, где они подверглись сначала брекчированию, а затем сдвиговым деформациям и метасоматозу. Кроме самородного золота главными золотосодержащими минеральными фазами являются арсенопирит (до 250 ppm), гудмундит (Au – 0,01%), самородная сурьма (Au – 0,25%). Размерность выделений золота варьирует от <1 мкм до 0,2 мм. В рудах также содержатся: Ag – до 0,22%; As – 0,11...>1%; Sb – до >1%; Bi – 0,3%; Pb – 0,001...>1%; Zn – до >1%; Mo – до 0,3%; Cu – 0,003...>1%; Cd – до 0,02%; В – до 0,1%; Sn – до 0,0015%.

Наиболее интенсивно золоторудоконтролирующие сдвиговые дислокации проявились в гранитоидной интрузии *Пякюля*, в силу своих реологических свойств аккумулировавшей разгрузку тектонических напряжений, возникавших при складчато-разрывных деформациях. Здесь наблюдается система эшелонированных элементарных хрупко-вязких правосторонних сдвигов северо-восточного простирания 30–40° с падением на северо-запад под углами 60–80°. Мощность дискретных, но пространственно сближенных элементарных сдвигов варьирует от 3–5 см до 3 м, а формируемых ими зон – до 50 м при прослеженной протяженности 500 м. За пределами интрузии сдвиговые зоны трассируются развитием кливажа в метатурбидитах ладожской серии, сопровождающегося тождественной, но более бедной, чем в гранитоидах, золото-

содержащей рудной минерализацией. Прогнозные ресурсы золота категории P₂ на проявлении Пякюля составляют ~20 т, а в целом по рудному полю ~40 т.

К *вольфрамовой скарновой* рудной формации относятся многочисленные пункты шеелитовой минерализации и рудопроявления, распространенные в Северо-Западном Приладожье в обрамлениях гнейсо-гранитных куполов. Вольфрамовое оруденение генетически связано со свекофеннскими позднеорогенными (посторогенными?) гранитоидами. Убогая шеелитовая минерализация локализована в измененных магнезиальных скарнах, слагающих пластообразные тела невыдержанной мощности (до 20–30 м), часто с прослоями сланцев, скарноидов, жилами гранитоидов, по которым происходили смещения. Более богатое вольфрамовое оруденение локализовано в окварцованных пироксеновых скарнах и околоскарновых породах, где шеелит образует скопления крупных кристаллов (до 3–4 см) с отчетливым замещением пироксена. Наиболее крупным рудным объектом данной формации является проявление *Латвасюръя*, локализованное в восточном и северо-восточном крыльях одноименного гнейсо-гранитного купола, в пределах которого Г. В. Макаровой и др. (1971) установлено несколько линзовидно-пластовых рудных тел невыдержанных размеров, с глубиной полностью гранитизированных. Мощность их составляет 0,4–3,8 м, содержания трехоксида вольфрама достигают первых процентов. Кроме шеелита в скарнах присутствуют молибденит, вольфрамит, касситерит, висмутин, самородный висмут и ряд сульфидов. В некоторых случаях отмечаются повышенные содержания золота (до 0,2 г/т).

Наиболее значимым рудным объектом *полиметаллической скарновой* рудной формации являются *Иокирантские* проявления, приуроченные к эпидотизированным и скаполитизированным пироксеновым скарнам и кальцифирам по карбонатным породам сортавальской серии в западном и северном крыльях одноименного купола. Предполагается генетическая связь оруденения с позднеорогенными (посторогенными?) свекофеннскими гранитоидами. Бурением крутопадающий (40–80° на запад) рудоносный горизонт прослежен по простиранию на 7 км до глубины 150–200 м. Его мощность на севере Иокирантской структуры составляет 60–70 м, на юге – 20–30 м. В пределах рудоносного горизонта выделяется 8 линзовидных рудных тел мощностью 5–10 м и протяженностью n10 м, в составе которых доминируют кварц, серицит, карбонат, флюорит, барит, альбит с реликтами измененных скарновых минералов, полиметаллическим оруденением и второстепенными рудными минералами (халькопирит, шеелит, зейригит, молибденит, пирит, пирротин, магнетит). Встречаются гнезда (до 1,5×2,0 м) богатых руд с содержанием Pb и Zn >10%, а также линзовидно-жилые обособления мощностью 0,5–1 м кварц-флюоритового или баритового состава с сульфидами в зальбандах. Прогнозные ресурсы категории P₃ Иокирантских поли-

металлических проявлений составляют (в тыс. т) – Pb ~55, Zn ~65 (Макарова и др., 1971).

Раннерифейская металлогеническая эпоха (1,65–1,35 млрд лет) проявлена в Свеккофеннской субпровинции исключительно в связи с Салминским и Улялегским массивами анортозит-рапакивигранитной формации. Главными рудными формациями этой эпохи являются *комплексная оловорудно-скарновая* и *комплексная редкометалльно-оловорудная скарново-грейзеновая*. Оловорудные месторождения и проявления размещаются в западном экзоконтакте (Питкярантский рудный узел) Салминского массива рапакиви. В целом для месторождений Питкярранты от кровли массива отмечается следующая генерализованная зональность рудоносных метасоматитов: измененные скарны – Fe-Zn-Sn; апоскарновые грейзены – Sn-Zn-Be-флюорит; низкотемпературные апоскарновые метасоматиты – Sn, Pb, Zn. Эта зональность в зависимости от многих факторов в ряде мест не проявлена, но в обобщенном виде для Питкяррантского рудного района выдерживается (Никольская, Гордиенко, 1977; Иващенко, 1987; Ларин и др., 1991).

Большинство оловорудных проявлений Питкяррантского рудного узла известны с XIX в. (Грендаль, 1896), и многие из них разрабатывались. Причем добывалось не только олово, но также медь, железо, цинк, серебро (11 т) и золото (1 пуд). Наиболее перспективны скарны Питкяррантской, Уксинской и Люпикковской купольных структур. В зависимости от степени грейзеновых преобразований скарны характеризуются олово-медно-полиметаллическим оруденением с магнетитом (Питкяррантский купол – грейзенизация проявлена слабо или совсем не проявлена) и редкометалльно-флюорит-оловянным с полиметаллами и магнетитом (Люпикковский и Уксинский купола – грейзенизация проявлена сильно). Скарноворудные тела образованы по карбонатным породам питкяррантской свиты. Оловянное и редкометалльно-оловянное оруденение сконцентрировано преимущественно в скарнах ее нижнего карбонатного горизонта. Скарны верхнего горизонта обычно содержат магнетит-сфалеритовое оруденение и изредка бедное оловянное и редкометалльное. Рудные тела имеют неправильную линзовидную и пластообразную форму, обусловленную особенностями морфологии скарновых залежей. В связи с малой мощностью, неоднородным составом и строением исходных карбонатных пачек выдержанные рудные тела приурочены к крутопадающим скарновым залежам. К наиболее значительным оловорудным объектам относятся месторождения Кителя, Уксинское и Хопунваара (Хазов, 1982; Ларин и др., 1991).

Наиболее характерным и крупным рудным объектом *комплексной оловорудно-скарновой* формации является месторождение *Кителя*, расположенное в северном обрамлении Питкяррантского гнейсогранитного купола. В его строении участвуют метаморфизованные и метасоматически измененные породы ладожской и сортавальской серий, гнейсограниты и

граниты рапакиви. На месторождении установлены три субширотные с падением на север ($\angle 70-85^\circ$) скарноворудные залежи – Южная (наиболее крупная), Северная и Промежуточная.

Южная залежь сложена метасоматически измененными и оруденелыми апомагнезиальными известковыми скарнами, образованными по нижнему карбонатному горизонту питкяррантской свиты. Она прослеживается на 1850 м по простиранию при средней мощности 9–13 м (Рочев и др., 1984). Вследствие гетерогенности исходных пород и полихронности (в связи с позднеорогенными гранитами и рапакиви) скарнообразования внутреннее строение ее крайне неоднородно. Оловоносны преимущественно пироксен-гранатовые и гранат-пироксеновые скарны. Распределение олова в них контролируется интенсивностью проявленного кварц-полевошпатового метасоматоза и более низкотемпературных изменений. Наиболее богатое оруденение локализовано в экзоконтактах кварц-полевошпатовых метасоматитов. Всего выявлено 21 оловорудное тело с параметрами (длина × ширина × мощность, м): (40–510)×(40–320)×(0,9–4,0). Оловорудные тела со стороны всячего бока сопровождаются медным и полиметаллическим оруденением. Оконтурено 17 цинковых рудных тел, пространственно ассоциирующихся с крупными (100–500 на 40–300 м) графитовыми линзами. На месторождении выделяются два типа оловянных руд: в гранат-пироксеновых и калишпатизированных пироксен-гранатовых скарнах. Руды первого типа комплексные (с магнетитом, сфалеритом, халькопиритом) с содержанием в них олова до п%. Содержание олова в рудах второго типа иногда достигает 10%. Преобладают руды первого типа с низкими и средними содержаниями олова. Кроме этого, касситеритовая минерализация отмечается в преобразованных магнезиальных скарнах, подвергшихся серпентинизации. В аналогичной ассоциации касситерит распространен в трубчатых ритмично-зональных скарново-грейзеновых образованиях месторождения Хопунваара и в магнезиальных скарнах Кулисмайокского проявления. Главными рудными минералами на месторождении являются касситерит, сфалерит, халькопирит, пирит, магнетит. Кроме этого, около 20% всех запасов олова приходится на оловосодержащие гранаты и другие алюмосиликаты (Гайдукова и др., 1980; Хазов, 1982; Минерально-сырьевая..., 2005). Содержание олова в рудных телах составляет 0,2–3,02%, цинка – 2,02–5,48%, графита – 8,96–20,26%. Кроме этого, в оловорудных телах установлены повышенные содержания меди – 0,01–0,32%, цинка – 0,1–2,37%, серебра – 0,2–6,9 г/т, железа магнетитового – 0,07–19,4%, кадмия – 8–260,5 г/т. Запасы олова кат. C₁+C₂ на месторождении оценены в 6,4 тыс. т (Рочев и др., 1984).

К *комплексной редкометалльно-оловорудной скарново-грейзеновой* рудной формации относятся рудопроявления Уксинское, Хопунваара, Хопунлампи, Ю-3 Люпикко и др., локализованные преимущественно в обрамлениях Люпикковского и Уксинского гнейсогранитных куполов (Михайлова и др., 1985).

Комплексное оруденение *Уксинского проявления* сосредоточено в скарнах и апоскарновых грейзенах, образованных по карбонатным породам нижнего горизонта питкьярантской свиты. Крутопадающие (70–80°) пластообразные и линзовидные скарноворудные тела окаймляют гнейсогранитный купол, прорываемый жилами литий-фтористых гранитов (рапакиви III фазы), и прослеживаются до глубины 200–300 м, где срезаются гранитами Салминского массива (Хазов, 1982; Ларин и др., 1991). Оловянное оруденение, как и на Кительском месторождении, распределено крайне неравномерно и сосредоточено преимущественно в пироксен-гранатовых скарнах, а редкометалльно-флюорит-оловянное – в грейзенизированных скарнах и апоскарновых грейзенах. Во внешних зонах скарново-оловорудных тел и грейзенов отмечается полиметаллическое и медное оруденение. Всего выявлено 15 рудных тел, размеры которых сильно варьируют (50–1215 м по мощности; до 300 м по падению; 1,0–5,5 м по средней мощности). Содержание олова в рудах составляет – 0,04–2,72%, флюорита – 2,13–24,58%, цинка – 0,12–0,36%, оксида бериллия ~0,17%. Прогнозные ресурсы олова кат. P₁+P₂ на Уксинском проявлении оценены в 3,86 тыс. т.

Наиболее крупным рудным объектом *комплексной редкометалльно-оловорудной скарново-грейзеновой* рудной формации по ресурсам бериллия, минералами-концентраторами которого служат хризоберилл, берилл, гелвин, гентгельвин, бертрандит, везувиан, является проявление Ю-3 Люпикко (C₂ – 2,4, P₁ – 1,4 тыс. т ВеО), в рудных телах которого содержание оксида бериллия составляет 0,17–0,45% (Минерально-сырьевая..., 2005).

Со **среднерифейской металлогенической эпохой** (1,35–1,0 млрд лет) в Свеккофеннской металлогенической субпровинции связано формирование оруденения только одной рудной формации – *урановой с медью и полиметаллами в зонах несогласия*, представленной месторождением Карку (Величкин, 2004; Минерально-сырьевая..., 2005 и др.).

Месторождение *Карку* приурочено к Салминской вулcano-тектонической структуре в СВ борту Пашско-Ладожского рифта на пересечении северо-западного Рускеальского глубинного разлома с северо-восточным. Три линзовидно-пластообразные залежи с урановым оруденением локализованы преимущественно в базальных (песчано-гравелитовых) отложениях приозерской свиты в зоне мощностью 10–15 м, прилегающей к поверхности несогласия. Местами они располагаются многоярусно и заходят в выветрелые породы фундамента (реголиты), неизменные разности которых представлены преимущественно графит- и сульфидсодержащими (до 10%) биотитовыми сланцами. На глубину оруденение прослеживается до ~205 м. Глубина залегания подошвы рудных залежей, оконтуренных по бортовому содержанию урана от 0,03 до 0,3%, изменяется от 100 до 205 м, мощность – от 0,2 до 20,5 м. В контурах каждой залежи выделяется по несколько рудных тел лентообразной и

линзовидной морфологии, размеры которых варьируют в следующих пределах: мощность – 0,2–5,6 м, протяженность – 80–1400 м, ширина – 3–100 м. Пространственное положение рудных тел контролируется поверхностью несогласия и минерализованными крутопадающими тектоническими зонами в породах фундамента. Содержание урана в рудных телах изменяется от 0,1 до 16,62%. Наиболее высокие концентрации урана характерны для рудных тел в приподовшенных частях залежей. Рудная минерализация представлена настураном и коффицитом, слагающими вкрапленные, гнездово-вкрапленные, полосчатые и массивные руды, а также пирротин, галенит, молибденит, халькопирит, сфалерит, гринокитом, арсенидами Ni-Co-Fe, селенидами, сульфоселенидами свинца, углеродистым веществом (антраксолит, керит) и др. Для метасоматитов, сопровождающих руды, характерно развитие хлорита, марганцовистого кальцита, гематита и флюорита. Возраст оруденения оценивается в 1371±42 – 1131±32 млн лет (Минерально-сырьевая..., 2005). Прогнозные ресурсы урана категории P₁+P₂ для первой рудной залежи составляют 3272 т, второй – 295 т, третьей – 1301 т и в сумме по месторождению – 4868 т.

Беломорская металлогеническая субпровинция

Для Беломорской металлогенической субпровинции (табл. 3) характерно крайне ограниченное распространение рудных проявлений металлических полезных ископаемых при доминировании неметаллических – слюда, гранат, кианит, керамическое сырье и др.

Раннелопийская металлогеническая эпоха (>3,0 млрд лет) представлена *сульфидной медно-никелевой мафит-ультрамафитовой рудной формацией* (р. Тристун: Ni – 0,1–0,5%, Cu – 0,1–1,14%) и бедной колчеданной и магнетитовой минерализацией вулканогенно-осадочного генезиса, по критериям масштабно и явной неперспективности не соответствующая металлогенической категории «рудная формация».

Для **среднелопийской эпохи** (3,0–2,8 млрд лет) характерна *сульфидная медь-никель-кобальтовая с Au и Ag рудная формация (фальбандовая)* – р. Кивгубское. Оруденение пространственно, а вероятно, и генетически ассоциируется с хетоламбинскими ортоамфиболитами и анортозитами. Рудная минерализация сконцентрирована в субпараллельных зонах СЗ простирания протяженностью до 6 км и мощностью 10–60 м с прожилково-вкрапленным оруденением, слагающим кулисообразные линзовидные залежи и жилы мощностью 0,6–4,8 м, длиной 300–400 м с массивными рудами: пирит, пирротин, халькопирит, магнетит; второстепенные – пентландит, сфалерит, галенит, молибденит, самородный висмут. Содержания полезных компонентов в рудах существенно варьируют: Ni – 0,09–0,6%, Cu – 0,1–1,85%, Co – 0,12–0,56%, Au – до 0,9, Ag – до 10 г/т.

Таблица 3

Рудные формации и металлогенические комплексы Беломорской металлогенической субпровинции

Геологический возраст	Металлогеническая эпоха	Металлогенический комплекс	Геологическая формация	Генетический тип	Рудная формация	Минеральный тип	Главные рудные элементы	Второст. рудные элементы	Типовые примеры
Людиковый – Вепсий 2100–1650 млн лет	Свекофен- нская	Редкометалльный пег- матов и метасомати- тов зон ТМА Комплексных благороднометалльных метасоматов зон ТМА	Пегматитовая Амфиболит- гнейсовая	Магматический метасоматиче- ский Метасоматиче- ский	Редкометалльных пегма- титов Полиметалльная углеродсодержащая в shear-зонах	Сподоуменный МПГ-сульфидный	Li МПГ, Au, Cu, Ni	Ве, Та, Nb, РЗЭ Со	Плотнолаамбинское Длиннолаамбинское Слюдяноборское Климовское Чулинское
Поздний лопий 2800–2500 млн лет	Поздне- лопийская	Комплексный медно- никелевый с МПГ архейских зеленокаменных поясов	Габбро- анортзитовая	Магматический	Платиноталльная малоосульфидная ультрамафит-мафитовая	Ильменит- магнетитовый	МПГ	Au, Ti, V	Травяная Губа
Средний лопий 3000–2800 млн лет	Средне- лопийская		Перидотит- габбро- анортзитовая	Метасомати- ческий	Сульфидная медь- никель-кобальтовая с Au и Ag	Пирит-пирротин- халькопиритовый	Ni, Cu, Co	Au, Ag	Кивгубское
Ранний лопий >3000 млн лет	Ранне- лопийская		Амфиболитовая	Магматический	Сульфидная медно- никелевая мафит- ультрамафитовая	Пирит-халькопирит- пирротиновый	Ni, Cu		Тристан

К позднелопийской металлогенической эпохе (2,8–2,5 млрд лет) относится платиноталльная малоосульфидная ультрамафит-мафитовая рудная формация (р. Травяная Губа: TiO_2 – 1,8–4,4%, V_2O_5 – 0,17–0,29%, МПГ+Au – 1,58 г/т) в перидотитах и других ультрамафитах Палоярвинского дифференцированного массива. Всего выявлено 10 рудных тел с максимальными размерами до 100 м в длину при мощности до 40 м и содержаниями ильменита до 10% и магнетита до 40%.

Оруденением сумийской эпохи (2,5–2,4 млрд лет), вероятно, являются мелкие проявления МПГ (г. Панфилова, Чупинский) в куземском комплексе лерцолитов-габброноритов – возможном формационном аналоге расслоенных комплексов в Карельской субпровинции.

Свекофенская металлогеническая эпоха (2,1–1,65 млрд лет) представлена преимущественно формацией редкометалльных пегматитов (Плотнолаамбинское, Длиннолаамбинское, Слюдяноборское и др.) и комплексными благороднометалльными проявлениями в их ореолах и зонах сдвиговых дислокаций – Хизоваара, Картеш, Степанова Ламба, Климовское и др. (Ручьев, 2002; Петров и др., 2007 и др.), перспективы которых по состоянию изученности в настоящее время остаются неясными, а по критериям масштабности и уровню содержаний МПГ и золота они не отвечают параметрическим требованиям, принятым в настоящей статье для выделения рудных формаций.

Заключение

Охарактеризованные закономерные ассоциации определенных рудных и геологических формаций, установленные в результате рудноформационного анализа всей совокупности месторождений и проявлений в пределах Карельского региона, подтверждают и дополнительно аргументируют правомерность его подразделения на три металлогенические субпровинции (Карельскую, Свекофенскую и Беломорскую), а также служат обоснованием выделения для каждой из них главных металлогенических комплексов, предопределяющих их металлогеническую специфику и промышленную перспективность.

Главными металлогеническими комплексами Карельской субпровинции являются: среднелопийские – медно-золоторудный вулканогенный и медно-никелевый коматитит-андезибаальтовый зеленокаменных поясов; позднелопийские – золото-редкометалльный плутоногенно-гранитный и золото-железорудный джеспилитовый; сумийский благороднометалльно-хромитовый расслоенных плутонов; ятулийский – МПГ-титан-железорудный трапповый плюмовый; свекофенские – комплексный (V, U, Ti, МПГ, Au, Cu, Mo) пикрит-долерит-черносланцевый палеорифтовый и алмазоносный кимберлитовый плюмовый; средне-рифейский алмазоносный кимберлит-лампроитовый плюмовый и вендский благороднометалльный конгломератовый авлакогенов; Свекофенской субпровинции –

среднерифейский урановый зон несогласия авлакогенов; раннерифейский редкометалльно-оловорудный зон тектоно-магматической активизации и свекофеннский комплексный (V, Mo, МПГ) черносланцевый

островодужный; Беломорской субпровинции – свекофеннский редкометалльный зон тектоно-магматической активизации и позднелопийский золото-хром-никелевый ультрамафитовый плутовый.

ЛИТЕРАТУРА

- Артамонова Н. А., Духовский А. А. Геологическое строение и полезные ископаемые Северо-Восточного Приладожья. Отчет, ТГФ Р. Карелия, Петрозаводск, 1989 г.
- Афанасьева Е. Н. и др. Составление прогнозно-металлогенической карты золотоносности Республики Карелия масштаба 1 : 500 000. 1999. Кар. ТФГИ.
- Бабенко В. В. Тектоническая типизация металлогенических зон // Вест. СПбГУ, сер. 7. 2002. Вып. 2, № 15. С. 14–17.
- 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.
- Билибин Ю. А. Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. М., 1955. 88 с.
- Борисова Р. И. Отчет о результатах поисково-картировочных работ в пределах Костомукшского железорудного района (объект Костомукшский лампроитовый), проведенных в 1991–97 гг. 1998. Фонды КГЭ.
- Бородаевская М. Б., Горжевский Д. И. Значение формационного анализа при прогнозе рудных месторождений // Советская геология. 1985. № 10. С. 22–30.
- Богачев В. А., Салтыкова Т. Е., Буслович А. Л., Путинцева Е. В. Легенда Балтийской серии листов государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000. Отчет. СПб. 2004. Фонды ФГУП «Минерал».
- Борукаев Ч. Б. Тектоника литосферных плит в архее. Новосибирск, 1996. 59 с. (Тр. ОИГГМ СО РАН; вып. 825.)
- Величкин В. И. О новом для России типе урановых месторождений в северо-западном Приладожье // Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования. М., 2004. С. 110–134.
- Гайдукова В. С., Григорьев И. М., Дубинчук В. Т. и др. Распад твердого раствора оловосодержащих гранатов // ДАН СССР. 1980. Т. 250, № 3. С. 694–697.
- Ганин В. А. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые Бураковско-Аганозерского массива и его обрамления. Отчет о результатах ГГК-50 с общими поисками платиноидов, никеля, титаномагнетитовых и хромитовых руд в пределах Аганозерского и Шалозерского блоков Бураковско-Аганозерской интрузии и ее обрамления за 1990–1995 гг. 1995. Фонды КГЭ.
- Горошко А. Ф. Отчет о результатах поисковых работ на золото в центральной части Повенчанского зеленокаменного прогиба, проведенных Кондопожской ГРП в 1978–80 гг. 1980. Фонды КГЭ.
- Горошко А. Ф. Сводный отчет о результатах геологических, технологических и геолого-экономических исследований комплексных никель-магниевого руд Аганозерского месторождения. 1990. Фонды КГЭ.
- Горошко А. Ф. Отчет о результатах поисково-картировочных работ на золото в центральной и южной частях Хаутоваарско-Ведлозерской зеленокаменной структуры, проведенных в 1990–95 гг. 1995. Фонды КГЭ.
- Горьковец В. Я., Раевская М. Б. и др. Геология и метаморфизм железисто-кремнистых формаций Карелии. Л., 1991. 173 с.
- Грендаль Г. Питкяранта (краткое описание Питкярантского месторождения, рудников и заводов). СПб., 1896. 50 с.
- Гроховская Т. Л., Дистлер В. В., Ключин С. Ф. и др. Малосульфидная платиновая минерализация массива Луккулайсваара (Северная Карелия) // Геология рудных месторождений. 1992. Т. 34, № 2. С. 32–51.
- Гурская Л. И. Платинометальное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. СПб., 2000. 208 с.
- Желубовский Ю. С. Отчет Туломозерской поисково-съемочной партии. 1931. СЗТГФ.
- Журавлев В. А., Шульга Т. Ф., Путинцева У. В. и др. Отчет по теме: «Разработка поисковых критериев и установление факторов алмазности лампроитов Карело-Кольского региона (Костомукшский и Порьегубский районы)». 1994. Кар. ТФГИ.
- Иванкин П. Ф. О системном подходе в геологических исследованиях // Советская геология. 1973. № 8. С. 3–13.
- Иващенко В. И. Скарновое оруденение олова и вольфрама южной части Балтийского щита (минералогия, петрография, генезис). Л., 1987. 240 с.
- Иващенко В. И., Лавров О. Б. Магматогенно-рудная (Mo, W, Cu, Au) система Ялонварского вулканоплутонового комплекса архея Карелии. Петрозаводск, 1994. 127 с.
- Иващенко В. И., Ручьев А. М., Лавров О. Б., Кондрашова Н. И. Рудопроявление Пякюля – новый высокоперспективный тип благороднометального оруденения в докембрии Карелии // Доклады РАН. 2002. Т. 384, № 2. С. 232–237.
- Иващенко В. И., Ручьев А. М., Кондрашова Н. И. и др. Отчет по теме: «Геолого-экономическое обоснование постановки оценочных работ на золото в пределах участка Хатунок в Суоярвском районе». ТГФ Р. Карелия. Петрозаводск. 2004. 194 с.
- Ключин С. Ф. Отчет о результатах поисковых работ на благородные металлы с группы массивов, проведенных в 1987–1993 гг. Монч. 1994.
- Конкин В. Д., Новиков В. П., Ручкин Г. В., Бражник А. В. Ряды рудных формаций цветных и благородных металлов // Тез. докл. Всерос. совещ. «Методология и методы металлогенического анализа и прогноза рудных объектов – состояние и перспективы применения для воспроизводства фонда недропользования». М., 2000. С. 65–67.
- Коровкин В. А. Отчет по научно-исследовательской работе: «Анализ движения прогнозных ресурсов важнейших полезных ископаемых, ведение и пополнение карты прогнозных ресурсов м-ба 1 : 1 000 000 и Банка данных прогнозных ресурсов Северо-запада РФ». 1999. Кар. ТФГИ.
- Коровкин В. А., Турьлева Л. В. Некоторые аспекты металлогении золота Карело-Кольского региона // Проблемы золотоносности и алмазности Севера европейской части России. Петрозаводск, 1997. С. 17–23.
- Коровкин В. А., Турьлева Л. В., Руденко Д. Г. и др. Недр Северо-Запада Российской Федерации. СПб., 2003. 520 с.
- Кривцов А. И. Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфириновых месторождений. М., 1983. 284 с.
- Кривцов А. И. Прикладная металлогения. М., 1989. 288 с.

- Кулешевич Л. В. Эволюция эндогенных режимов формирования золотого оруденения Карелии // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск, 2006. С. 81–99.
- Кулешевич Л. В., Тытык В. М., Коротаева Н. Н. Золото-полиметаллическое месторождение Лобаш-1 в докембрии Карелии // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 7. Петрозаводск, 2004. С. 111–126.
- 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. 44–57.
- 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.
- Ларин А. М., Амелин Ю. В., Неймарк Л. А. Возраст и генезис комплексных скарновых руд Питкярантского рудного района // Геология рудных месторождений. 1991. № 6. С. 15–33.
- Львов Б. К. Формационные основы металлогенического анализа. СПб., 1997. 144 с.
- Макарова Г. В. Вольфрамовые рудопроявления Северо-Западного Приладожья Карельской АССР // Минералогия и геохимия вольфрамовых месторождений. Л., 1971. С. 205–207.
- Макарова Г. В., Леонтьев А. Г., Аксентьева Л. А. Отчет о геолого-поисковых работах на медь, никель, кобальт, проведенных Тохмайокской партией в Северном Приладожье КАССР в 1969–70 гг. 1971. Фонды КГЭ.
- Медведев Л. В. Разведка и добыча золота и металлов платиновой группы на Нименьгской площади. Инвест. проект. 2000. Архангельск.
- Металлогения рядов геодинамических обстановок раннего докембрия / Под ред. Н. В. Межеловского. М., 1999. 399 с.
- Минерально-сырьевая база Республики Карелия. Кн. 1 / Под ред. В. П. Михайлова и В. Н. Аминова. Петрозаводск, 2005. 278 с.
- Михайлова Д. В. и др. Отчет о результатах поисково-оценочных работ, проведенных Уксинской партией на участке Юго-Западное Люпикго в Северном Приладожье в 1982–85 гг. 1985. Фонды КГЭ.
- Молоткова Е. П. Отчет о ревизионно-опробовательских работах на месторождении Ковад-ярви в Ведлозерском районе КФССР в 1950 г. 1951. Фонды КГЭ.
- Негруца В. З., Негруца Т. Ф. Перспективы изучения нижнедокембрийских металлоносных кварцевых конгломератов Карелии // Проблемы золотоносности и алмазности Северо-восточной части России. Петрозаводск, 1997. С. 57–60.
- Ненахов В. М. Геодинамические особенности раннего архея // Геотектоника. 2001. № 1. С. 3–15.
- Никольская Ж. Д., Гордиенко Л. И. Петрология и металлогения гранитоидных формаций Карелии. М., 1977. 152 с.
- Петров О. В., Шевченко С. С., Ахмедов А. М. Новые промышленные типы комплексных руд благородных и цветных металлов в докембрии восточной части Балтийского щита // Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерогения Северо-Запада России: Материалы Всерос. конф. Петрозаводск, 2007. С. 292–296.
- Петров Ю. В. Отчет по геологическому заданию 32-11 «Результаты поисков бурением промышленных месторождений урана в пределах Святухинско-Космозерской зоны складчато-разрывных дислокаций за 1983–85 гг.». 1985. Фонды ГПП «Невскгеология».
- Покалов В. Т. Рудно-магматические системы гидротермальных месторождений. М., 1992. 288 с.
- Попов М. Г., Горьковец В. Я., Раевская М. Б. Магнезиальные и железистые лампроиты Костомукшского района // Минералогия, петрология и минерогения докембрийских комплексов Карелии. Петрозаводск, 2007. С. 79–82.
- Проскуряков В. В., Увадьев Л. И., Воинова О. А. Лампроиты Карело-Кольского региона // Доклады АН СССР. 1990. Т. 314, № 4. С. 940–943.
- Путинцева Е. В., Ульянов А. Г. Камафугиты (и кимберлиты группы П) – представители семейства калиевых ультрамафитов Костомукшского дайкового поля // Рифтогенез, магматизм, металлогения докембрия. Корреляция геологических комплексов Фенноскандии: Материалы междунар. конф. Петрозаводск, 1999. С. 116–117.
- Рочев Н. В. и др. Отчет о результатах детальной разведки Кительского оловорудного месторождения за 1980–84 гг. с подсчетом запасов по состоянию на 01.09.84 г. 1984. Фонды КГЭ.
- Рудоносность и геологические формации структур земной коры / Под ред. Д. В. Рундквиста. Л., 1982. 423 с.
- Рундквист Д. В. О значении формационного анализа при прогнозных исследованиях // Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые. Л., 1986. С. 17–39.
- Самойленко Ю. А., Новиков Ю. Н. Отчет о результатах предварительной разведки месторождения Средняя Падма с подсчетом запасов пентоксида ванадия и попутных компонентов по категориям С₁ и С₂. 1994. Фонды ГПП «Невскгеология».
- Смирнов В. И. Очерки металлогении. М., 1963. 164 с.
- Справочник по поискам и разведке месторождений цветных металлов / Кривцов А. И., Самонов И. З., Филатов Е. И. и др. М., 1985. 324 с.
- Степанов К. И., Путинцева Е. В., Мурадымов Г. Ш. и др. Отчет по теме: «Производство поисковых работ в пределах Сортавальской площади (поиски медно-никелевых, полиметаллических и золоторудных месторождений)». Фонды ТГФ Республики Карелия. Петрозаводск, 2004.
- Трофимов Н. Н., Голубев А. И. Отчет о научно-исследовательской работе по оценке перспектив новых источников элементов платиновой группы (ЭПГ) в Республике Карелия в 1997–2002 гг. по договору № 7-97. 2002. Кар. ТФГИ.
- Трофимов Н. Н., Голубев А. И., Филиппов Н. Б. Платиноидно- и золотосодержащие ванадий-титаномагнетитовые месторождения в дифференцированных габбро-долеритовых интрузиях Карелии // Платина России. Т. 3. М., 1999. С. 200–211.
- Тытык В. М. Отчет о результатах поисковых и поисково-оценочных работ на золоторудном месторождении Лобаш-1, проведенных в 1992–97 гг. 1998. Фонды КГЭ.
- Тытык В. М., Власов Г. В., Федюк З. Н., Михайлов В. П. Отчет о результатах геологоразведочных работ первого этапа (предварительная разведка), проведенных на Лебяжинском, Светлозерском, Восточно-Вожминском и Золотопорожском медно-никелевых и Северо-Вожминском медно-цинковом месторождениях в Сегежском и Медвежьегорском р-нах РК по договору с Текобанком в 1990–1994 гг. «Объект Кивиярви». 1997. Фонды КГЭ.
- Тюхтин В. С. Системно-структурный подход и специфика философского знания // Вопросы философии. 1968. № 11. С. 47–58.
- Ушков В. В. Кимозерское проявление алмазносных кимберлитов в Онежской структуре // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 3. Петрозаводск, 2001. С. 94–98.
- Федюк А. В., Морозов С. А., Фурман В. Н. Отчет о результатах поисковых работ на никель в пределах центральной части Вожминского массива ультрамафитов и прилегающих площадей за 1978–79 гг. 1979. Фонды КГЭ.

Федюк А. В., Морозов С. А., Федюк З. Н. Отчет о результатах поисково-оценочных работ на медно-никелевые руды в пределах Лебяжинского участка Каменноозерской зоны Ветреного Пояса за 1978–81 гг. 1981. Фонды КГЭ.

Федюк А. В., Морозов С. А., Фурман В. Н. Отчет о детальных поисках медно-никелевых руд в зоне лежащего контакта Вожмозерского и Кумбуксинского никеленосных массивов за 1982–84 гг. 1984. Фонды КГЭ.

Феоктистов В. П., Стромов В. А., Корсакова М. А. и др. Металлогеническая карта российской части Фенно-скандинавского щита м-ба 1 : 1 000 000. Отчет. 2007. Фонды ВСЕГЕИ.

Филатов Е. И., Ширай Е. П. Формационный анализ рудных месторождений. М., 1988. 144 с.

Фурман В. Н. Отчет о результатах поисковых работ на золото, проведенных в южной части Костомукшской зеленокаменной структуры в 1998–2001 гг. 2001. Фонды КГЭ.

Хазов Р. А. Металлогения Ладожско-Ботнического геоблока Балтийского щита. Л., 1982. 190 с.

Херасков Н. П. Тектоника и формации. М., 1965. 44 с.

Шатский Н. С. Геологические формации и осадочные полезные ископаемые // Избр. труды. Т. 3. М., 1965. 348 с.

Шевченко С. С., Ахмедов А. М., Крупеник В. А. Золотоносность вендских отложений и подстилающих их метасоматитов структурной зоны Ветренный пояс // Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерагения Северо-Запада России: Материалы Всерос. конф. Петрозаводск, 2007. С. 439–443.

Щеглов А. Д. Основы металлогенического анализа. М., 1980. 293 с.

Eilu P. Fingold – a public database on gold deposits in Finland // Geol. Survey of Finland. Report of Investigation 146. Espoo, 1999. 224 p.

Groves D. I., Goldfarb R. J., Robert F., Hart C. J. R. Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance // Economic Geology. 2003. Vol. 98. P. 1–29.

Ivashchenko V. I., Lavrov O. B., Sundblad K., Toritsin A. N. Au-Ag-Bi-Te-Se vein mineralization at Roikonkoski, Karelia, northern Lake Ladoga region // Geol. Survey of Finland. 2007. Guide 53. P. 51–56.

Kontoniemi O. Geology of the Paleoproterozoic synkinematic Osikonmaki granitoid intrusion at Rantasalmi, southeastern Finland // Geol. Survey of Finland, Special Paper. 1998. N 25. P. 19–38.

Mahotkin I. L. Age and geochemistry of rock samples from the Kemozero occurrence, Karelia, NW Russia. AMI. Report N 52390. 1999.

Martin H. The Archean grey gneisses and the genesis of continental crust // Archean crustal evolution / Ed. K. C. Condie. Amsterdam etc., 1994. P. 205–259.

Nironen M. The Svecofennian orogen: A tectonic model // Precambrian Research. 1997. Vol. 86. P. 21–44.

Nurmi P. A., Front K., Lampio E., Nironen M. Svecokarelian porphyry-type molybdenum and copper occurrences, southern Finland: Their granitoid host rocks and lithochemical exploration. Helsinki, 1984. 88 p. (Geol. Survey of Finland. Rep. Invest; Vol. 67.)