

КОСТОМУКША – КРУПНЕЙШИЙ КОМПЛЕКСНЫЙ РУДНЫЙ ОБЪЕКТ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

Горьковец В.Я. *, Максимович Л.А. **, Раевская М.Б. *

* Институт геологии КарНЦ РАН

** ОАО «Карельский окатыш» (ОАО «Северсталь»)

KOSTOMUKSHA – THE LARGEST COMPLEX ORE PROVINCE OF THE REPUBLIC OF KARELIA

Gorkovets V.Ya.¹, Maksimovich L.A.², Raevskaya M.B.¹

¹Institute of Geology, KarRC, RAS, Petrozavodsk,

²Open joint-stock company “Karelsky okatish”, Kostomuksha

The background of the geological study of the Kostomuksha Ore Province, which includes various genetic types of polychromous ore formation, is discussed. Distinctive iron-cherty, gold and diamondiferous ore formations were generated in common geodynamic settings that succeeded each other in this territory from Neoproterozoic to Neoproterozoic time (from 2.9 to 1.23 Ga) inclusive, and were associated with the uplift of the Voknavolok block above a mantle diapir (Deep structure .., 2001). Kontokki-series tholeiitic basalt, komatiites and felsic volcanics of rhyodacite composition intruded along the deep fault zones that rimmed the Voknavolok block in the Neoproterozoic (2.9 -2.8 Ga). Two iron formations: a rhyodacitic iron-cherty formation and the most productive terrigenous (flysch) iron-cherty formation (Gimoly series) developed in the Neoproterozoic. The rocks and ores of this formation were produced under areal chemical weathering crust conditions on a Palaeoproterozoic granulitic basement and underlying Lopian Kontokki volcano-sedimentary units, and are represented by the Kostomuksha iron deposit, which has the biggest iron ore reserves (over 10 billion t) in the Fennoscandian Shield. As the iron ore reserves of the deposit relative to the proved iron ore reserves of the world deposits are rated at 1.04%, it is considered a superlarge deposit (Gorkovets & Raevskaya, 2004).

Polychronous stages in tectono-magmatic activation on the Karelian Craton were responsible for the metallogeny of this territory. In the Kostomuksha Ore Province gold occurrences are associated with three stages in tectono-magmatic activation, the most productive of which is a Palaeoproterozoic stage associated with Seletsk and rapakivi-like granite occurrences (2.45 Ga). The predicted Au resources of the Luupeansuo ore occurrence are estimated at 125 t.

A Riphean stage in tectono-magmatic activation (1.23 Ga) in the Kostomuksha Ore Province was remarkable for the development of diamondiferous kimberlites and lamproites and was controlled by mantle deep-focus long-lived tectonic zones.

The Kostomuksha Ore Province is considered the biggest complex ore province of the Republic of Karelia, based on the presence of the Fennoscandian Shield's largest Kostomuksha iron deposit, the large Luupeansuo gold occurrence and diamondiferous kimberlite and lamproite diatremes.

Проблема выявления новых крупных и сверхкрупных месторождений рудных полезных ископаемых является одной из приоритетных, так как сырьевая база практически всех видов полезных ископаемых базируется на запасах таких месторождений.

В геологическом отношении среди древнейших структур Фенноскандинавского щита наиболее значимым, наиболее изученным и перспективным является Костомукшский рудный район Карелии, отличающийся формационным составом кристаллических образований и своеобразием набора полихронных полезных ископаемых. Здесь расположено крупнейшее на Фенноскандинавском щите Костомукшское железорудное месторождение (рис. 1).

Костомукшское месторождение железистых кварцитов находится в северо-западной части Республики Карелия. По возрасту месторождение относится к неохею (лопию). Месторождение

было открыто в 1946 г. в результате аэромагнитных исследований Западного Геофизического треста и разведано в 1948-54 г.г. Северо-Западным геологическим Управлением МГ и ОН СССР в процессе работ по выявлению рудной базы для черной металлургии Северо-Запада СССР.

В результате разведочных работ СЗГУ МГ и ОН СССР, проведенных на месторождении в 1948-54 г.г., было высказано представление о моноклином залегающих рудных тел и вмещающих пород, и как следствие, разведанные запасы железных руд до глубины 150-200 м, реже до глубины 450 м, по категории А+В+С составили 840 млн тонн, а утверждённые запасы руд в ГКЗ СССР в 1953 году составили 423,3 млн тонн. Таким образом, месторождение «Костомукша» СЗГУ было переведено в разряд забалансовых, как месторождение, не имеющее промышленной значимости, особенно с учётом его нахождения в плохо обжитом районе, удаленным от железных дорог.

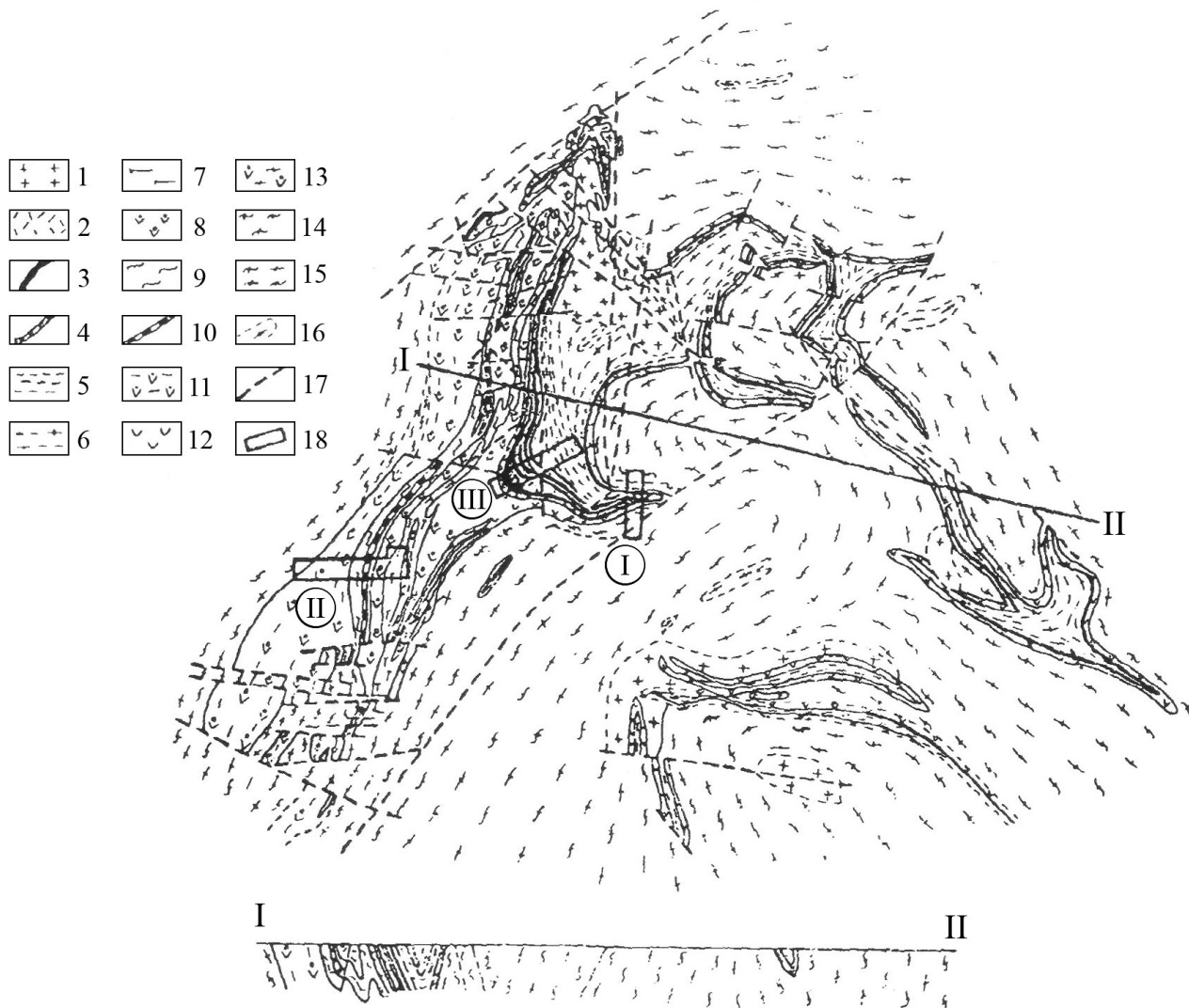


Рис. 1. Схема геологического строения Костомукшского рудного района.

1 – микроклиновые граниты; 2 – геллефлинты. Гимольская серия: 3 – магнетитовые кварциты; 4 – полимиктовые конгломераты; 5 – слоистые и ритмичнослоистые биотит-полевошпат-кварцевые и кварц-биотитовые сланцы; 6 – мигматиты плагиомикроклиновых и микроклин-плагиоклазовых гранитов по кварц-биотитовым и биотит-кварцевым сланцам. Конттокская серия. Рувинваарская свита: 7 – коматииты; 8 – метабазальты. Шурловаарская свита: 9 – слюдисто-кварц-плагиоклазовые сланцы по туффитам и туфам риодацитов; 10 – магнетитовые сланцы и кварциты. Ниемиярвинская свита: 11 – метабазальты; 12 – нерасчлененные вулканы основного состава конттокской серии; 13 – мигматиты плагиомикроклиновых гранитов по метабазальтам. Ньюкозерская толща: 14 – биотитовые, мусковитовые и двуслюдяные гнейсы. 15 – плагиогнейсограниты; 16 – супракраустальные образования лопия нерасчлененные; 17 – тектонические нарушения; 18 – участки стратотипических разрезов.

Fig. 1. Scheme showing the geological structure of the Kostomuksha Ore Province.

1 = microcline granites; 2 = halleflinta. Gimoly series: 3 = magnetite quartzites; 4 = polymictic conglomerates; 5 = bedded and graded biotite-feldspar-quartz and quartz-biotite schists; 6 = migmatites of plagiomicrocline and microcline-plagioclase granites after quartz-biotite and biotite-quartz schists. Kontokki series. Ruvinvaaara suite: 7 = komatiites; 8 = metabasalts. Shurlovaara suite: 9 = mica-quartz-plagioclase schists after rhyodacite tuffites and tuffs; 10 = magnetite schists and quartzites. Niemijärvi suite: 11 = metabasalts; 12 = undivided Kontokki mafic volcanics; 13 = migmatites of plagiomicrocline granites after metabasalts. Nyukozero unit: 14 = biotite, muscovite and bimica gneisses. 15 = plagiogneissose-granites; 16 = undivided Lopian supracrustal units; 17 = tectonic dislocations; 18 = parts of stratotype sections.

Дальнейшее изучение геологии Костомукшского месторождения было связано с перспективами его промышленного освоения в качестве рудной базы для черной металлургии Северо-Запада СССР. Исследования, проведенные Институтом геологии Карельского филиала АН СССР

(Чернов, 1959; Чернов и др., 1970; Лазарев, 1971; Горьковец и др., 1981, 1991, 2004) имели комплексный характер.

Основанием для продолжения научных исследований в Костомукше было несоответствие между тем мощным магнитным полем месторожде-

ния, которое было зафиксировано в 1946 г. экспедицией А. Логачева, и теми скромными рудными запасами, которые были определены СЗГУ.

С 1956 г. В.М. Чернов руководил изучением геологии железорудных месторождений Карелии и явился основателем железорудного направления в Институте геологии Карельского научного центра РАН. Важнейшим геологическим открытием исследования железных руд Карелии заключалось в том, что он впервые в России разработал и применил методику литологических исследований железорудно-сланцевых толщ в архейских комплексах. Прежде всего, уделялось внимание установлению дометаморфической природы рудовмещающих пород, изучению литологии и фациальных условий формирования железистых кварцитов, цикличности процессов седиментации и место в ней концентрации железа, геохимических фаций железонакопления в докембрии Карелии. В итоге сформировалось представление о синклинальном строении Костомукшского месторождения, что позволило поставить вопрос о переоценке прогнозных запасов руд с вероятным их значительным увеличением до величины 3,5 млрд т до глубины 600-700 м и до 10 млрд т до глубины 3 км.

Высокая Государственная оценка была дана научно-исследовательской работе Институту геологии и сотрудникам Института геологии КФАН по изучению железных руд и прогнозной оценке Костомукшского месторождения и района месторождения. Главный Комитет ВДНХ СССР постановил наградить Институт геологии КФАН СССР Дипломом I степени; В.М. Чернов был награжден Высшей наградой ВДНХ СССР – Дипломом Почёта ВДНХ СССР «За руководство и исполнение геологических исследований по расширению железорудной базы Костомукшского ГОКа с оценкой их прогнозных запасов (6 млрд т)» (Постановление Главного Комитета ВДНХ СССР за № 670-Н от 19.12.1975 г.).

Детальное изучение руд и рудовмещающих пород Институтом геологии КарНЦ РАН предоставило возможность впервые выделить минеральные типы руд месторождения. Благодаря этому по заданию строящегося Костомукшского ГОКа была составлена карта типов руд Костомукшского месторождения, необходимая для начала эксплуатации месторождения (Инина К.А., Лазарев Ю.И., Горьковец В.Я.). Именно эта карта была использована Карельской КГРЭ при подсчете запасов железных руд Костомукшского месторождения в качестве основы для математического пересчета содержания в рудах железа растворимого и перевода на железо магнетитовое.

По материалам геологоразведочных работ Институт «Гипроруда» в 1980 г. разработано технико-экономическое обоснование (ТЭО) отработки Костомукшского железорудного месторождения и тогда же в 1980 г. по данным ТЭО ГКЗ СССР утвердила балансовые запасы, подготовленные для промышленного освоения по категориям:

В – 328,2; С₁ – 779,4; С₂ – 261,9 млн т Проектная производительность отработки сырой железной руды в год – 24 млн т, производство окатышей – 8 млн т/год. Обеспеченность Костомукшского ГОКа разведанными запасами по проектной производительности комбината составляет 45 лет, а с учётом Корпангского месторождения – 58 лет. Отработка Костомукшского месторождения начата открытым способом (карьером) с 1982 г., а Корпангского с 2005 г. (Железорудная база ..., 1998).

В настоящее время отработка железных руд двух карьеров составляет 31 млн т/год, производство окатышей достигает 10 млн т/год.

В основу научно-исследовательских работ по комплексному изучению Костомукшского рудного района Институтом геологии КарНЦ РАН был положен историко-геологический метод, включающий литологические, палеовулканологические, стратиграфические, изотопно-геохимические исследования. Научно-исследовательские работы показали, что в пределах восточной части Фенноскандинавского щита выделяется эволюционный ряд стратифицированных генетически самостоятельных железисто-кремнистых формаций, последовательно сменяющих друг друга во времени. Эти железисто-кремнистые формации образовались в специфических физико-химических, палеогеографических и геодинамических условиях и характеризуются ассоциацией с различными вмещающими породными комплексами, определенным минеральным и химическим составом железисто-кремнистых пород, текстурными особенностями, масштабом продуктивности железорудного проявления (Горьковец и др., 1981; Горьковец, 1993).

Первый генетический тип – риодацитовая железисто-кремнистая формация – определяется эндогенными условиями формирования. Второй генетический тип, наиболее продуктивный, терригенная (флишевая)-железисто-кремнистая определяется экзогенными процессами, т.е. формированием неархейской площадной коры химического выветривания подстилающих комплексов – гранулитов Вокнаволоцкого комплекса, а также базальтов, коматиитов, риодацитов и ассоциирующих с ними железисто-кремнистых образований контоксской серии.

Экзогенные процессы выветривания в этой активной зоне сформировали протяженные (n=10 км) толщи железистых кварцитов в ассоциации с терригенными осадками флишевого типа. Это привело к образованию крупнейшего на Фенноскандинавском щите Костомукшского железорудного месторождения с запасами более десяти миллиардов тонн железных руд. Рейтинг запасов железистых руд Костомукшского месторождения относительно подтвержденные (разведанных) запасов железных руд месторождений мира составляет 1,04%, что позволяет отнести это месторождение в раздел весьма крупных (Горьковец, 1993; Горьковец, Равевская, 2004).

Исследование геологического строения, структуры Костомукшского месторождения, а также распространение рудных горизонтов постоянно сопровождалось и корректировалось на основе геофизических исследований (магниторазведкой, гравиразведкой, сейсмическими данными).

На основании детальности геологической изученности, полноты разреза и наличия в разрезе до 50% метаморфизованных терригенных и хемогенных морских отложений разрез неоархейских супракрустальных образований Костомукшского железорудного района был принят как стратотипический для лопия Карелии (Общие вопросы ..., 1990; Общая стратиграфическая ..., 2002).

Геологические исследования Института геологии КарНЦ РАН с 1993 по 2010 г.г. были дополнены работами в рамках комплексных международных проектов в приграничной полосе Республики Карелии и Финляндии, которые позволили проследить геологические комплексы на смежных участках приграничной полосы, а также непосредственно сравнить состав породных комплексов и провести корреляцию разрезов и геологических структур по обе стороны государственной границы (Горьковец, Раевская, 2009).

В геологическом отношении Костомукшская структура (Костомукшское рудное поле) находится на границе двух отличных по геолого-структурным, металлогеническим, геохимическим характеристикам блоков. С запада к Костомукшской структуре примыкает раннеархейский комплекс кристаллического фундамента, являющийся основанием для лопия Костомукшского района – Вокнаволоцкий блок. К востоку от Костомукшского синклиория располагаются позднеархейская (лопийская) гранит-зеленокаменная область, представленная сочетанием овальных, изометричных купольно-блоковых структур сложенных гранитоидами и гранито-гнейсами, облекаемыми лопийскими железорудно-сланцевыми супракрустальными толщами (Горьковец, Раевская и др., 1981, 1991, 2004).

Вокнаволоцкий блок расположен в северо-западной части Фенно-Карельского кратона, имеет почти изометричную форму площадью 5,6 тыс. км² (90x65 км), несколько вытянут в северо-восточном направлении (рис. 2).

В пределах Вокнаволоцкого блока широко развиты древнейшие палеоархейские интенсивно переработанные супракрустальные комплексы с реликтами гранулитовой фации метаморфизма – слюдястые гнейсы, амфибол- и пироксенсодержащие, двупироксеновые амфиболиты и гнейсы, эндербиты, и инфракрустальные комплексы – плагиогнейсограниты, тоналитогнейсы (3,5 млрд лет (Mutanen, Nuhma, 2003) и микроклиновые граниты и амфибол- и гиперстенсодержащие граниты-чарнокиты (2,65 млрд лет (Mutanen, Nuhma, 2003) (Свириденко, 1974; Gorkovets, Rayevskaya, Lukashov, 2000; Gorkovets, Rayevskaya, 2002). Отмечены многочисленные интрузивные тела долеритов, клинопироксенитов, ориентированные в

субмеридиональном, северо-восточном (СВ 40-60°), северо-западном (СЗ 300-310°) направлениях.

В пределах Вокнаволоцкого блока отсутствуют типичные неоархейские (лопийские) вулканогенно-осадочные и осадочные образования.

Блок оконтурен со всех сторон поясом ранне-позднеархейских тектонических долгоживущих разломных зон, служащих путями подъема магматитов для формирования лопийских вулканогенно-осадочных комплексов (Gorkovets, Rayevskaya, 2003).

В этом блоке на глубинах до 20 км располагаются плотные породы, соответствующие плотности эндербита (2,79 г/см³), что отражает наличие здесь подъема верхней кромки нижней коры на 15-20 км и подтверждается сейсмическим профилем МОГТ 4В (Глубинное строение ..., 2001).

Позднеархейские супракрустальные кристаллические образования в Костомукшском железорудном районе представлены лопийским комплексом метаморфизованных вулканогенно-осадочных пород с возрастом древнее 2,7 млрд лет. Структурный план Костомукшского железорудного района определяется сочетанием овальных, изометричных или овально-вытянутых купольно-блоковых структур положительного знака, сложенных плагиогранито-гнейсами, тоналито-гнейсами и разнообразными мигматитами, облекаемыми лопийскими супракрустальными вулканогенно-осадочными толщами.

Костомукшская синклиналь рассматривается (Горьковец, Раевская и др., 1981, 1991; Горьковец, Раевская, 1986, 2004; Железисто-кремнистые формации ..., 1989) как сложная резко асимметричная синклиальная структура (рис. 1).

Костомукшское месторождение приурочено к центральной наиболее погруженной части этой сложной структуры, что подтверждается сейсмическими данными, полученными Н.Г. Романенко, М.Е. Маламудом и Э.В. Муровой (Горьковец и др., 1981). Глубина синклинали здесь достигает 6,5 км, тогда как для северной части месторождения – лишь 4,5 км.

Общая стратиграфическая последовательность пород позднеархейских лопийских образований Костомукшского рудного района с возрастом 2,97-2,7 млрд лет представлена в работах (Горьковец, Раевская и др., 1981, 1991, 2004; Раевская, Горьковец, 1992, 2004; Железисто-кремнистые ..., 1988-1989).

Протерозой представлен долеритами, габбро и комплексом основных и ультраосновных-щелочных пород – кимберлитов, лампроитов, лампрофиров, карбонатитов (биотит-карбонатных сланцев), субщелочного габбро, габбро-норитами.

Возрастные характеристики лопийских образований по данным Sm-Nd метода в вулканитах базальтового, коматиитового и риодацитового состава контоксской серии в целом по породам, определенным в ИГГД РАН и ИМГЭ РАН: базальтов от 2808±95 до 2970±20 млн лет, риодацитов 2805-2820 млн лет, коматиитов от 2813±24 до 2843±39 млн лет (Горьковец, Раевская, 2004).

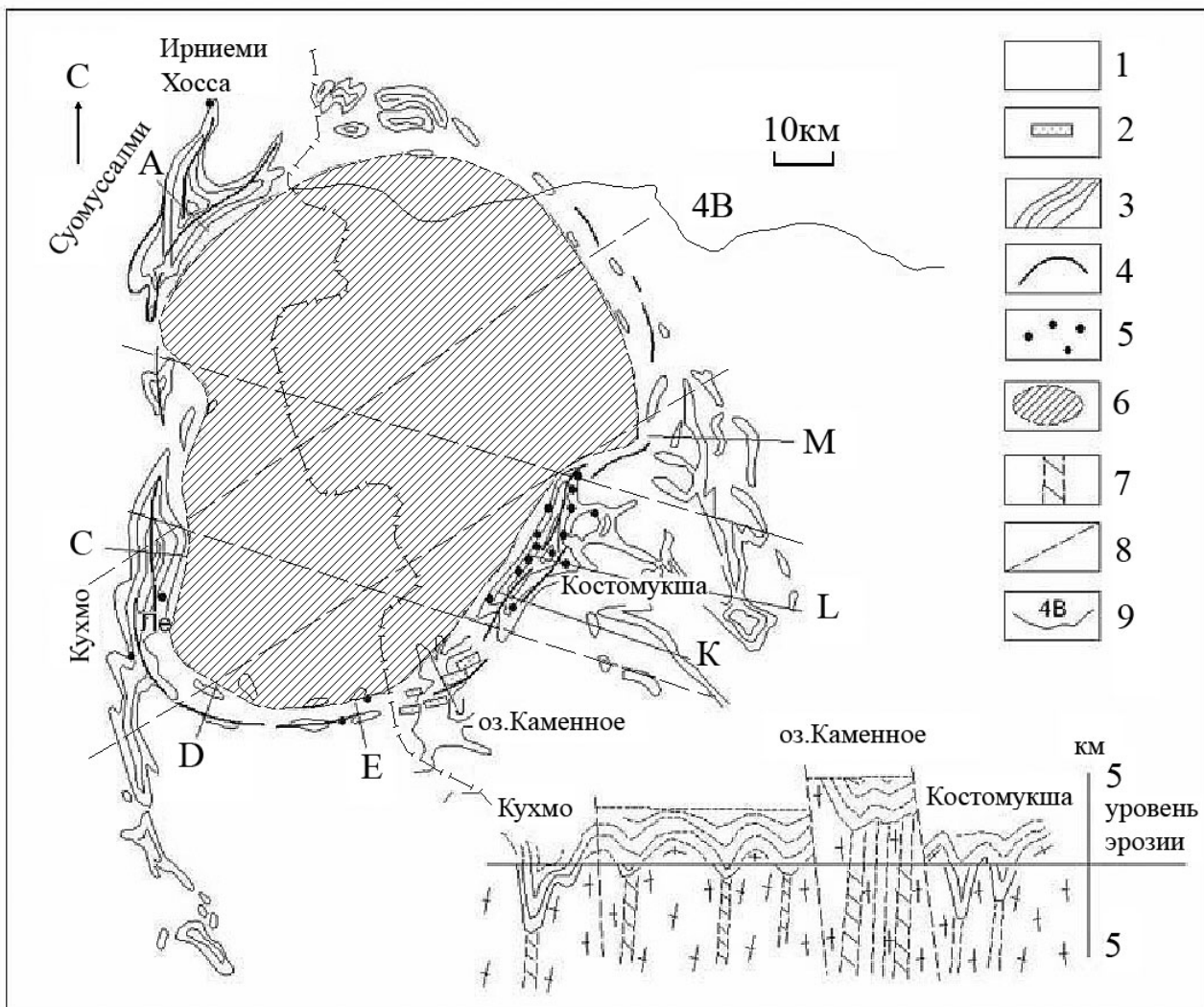


Рис. 2. Структурная схема площади развития Вокнаволоцкого блока архейских зеленокаменных поясов.

1 – гнейсо-граниты и тоналиты; 2 – дайки долеритов и габбро-долеритов; 3 – позднеархейские супракrustальные толщи; 4 – архейские разломы; 5 – диатремы и дайки ультраосновных-щелочных пород; 6 – Вокнаволоцкий блок; 7 – реконструируемые подводные каналы базальтов; 8 – протерозойские тектонические зоны; 9 – геолого-геофизический профиль 4В «M7».

Fig. 2. Structural scheme of the Voknavolok block of Archaean greenstone belts.

1 = gneissose-granites and tonalites; 2 = dolerite and gabbro-dolerite dykes; 3 = Late Archaean supracrustal units; 4 = Archaean faults; 5 = diatremes and dykes of ultramafic-alkaline rocks; 6 = Voknavolok block; 7 = feeder channels of basalts under reconstruction; 8 = Proterozoic tectonic zones; 9 = geological-geophysical profile 4B «M7».

Изотопные датировки основания гимольской серии, полученные в радиогеохронологическом ИГФМ АН УССР термоэмиссионным методом по аутигенным цирконам цемента конгломератов суккозерской свиты, показали возраст 2820 ± 30 млн лет (Щербак, Горьковец и др., 1986).

Верхний возрастной предел супракrustальных образований лопия, определенный в Институте геологии и аналитической химии им. В.И. Вернадского (U-Pb-Pb-методами) и в радиогеохронологическом отделе ИГФМ АН УССР по аксессуарным цирконам из прорывающих лопийские образования гранитов плагиоклазового, плагиомикроклинового составов, не менее 2700 млн лет (Бибикина и др., 1977; Щербак, Горьковец и др., 1986).

Возраст прогрессивного регионального метаморфизма пород лопия и терригенных осадков гимольской серии составил 2650 и 2700 млн лет (Щербак, Горьковец и др., 1986).

Анализ материалов по метаморфизму и изучение минеральных парагенезисов силикатных и рудных минералов в железистых кварцитах и вмещающих породах района показал, что метаморфизм этих образований был неоднократным, сложным и неравномерным. Причем, метаморфизм пород и руд вулканогенной контоксской и терригенно-хемогенной гимольской серии отличен (Горьковец, Раевская, Володичев и др., 1991).

В лопийских образованиях района исследователями (Чернов и др., 1970; Лазарев, 1971; Горь-

ковец, Раевская и др., 1981, 1991) отмечаются четыре фазы складчатости, которые привели к формированию складчатости различных порядков, сопровождавшихся сланцеватостью (кливажом) и гнейсовидностью. Складки второй, наиболее интенсивной фазы складчатости, сопровождались крутой минеральной и агрегатной линейностью. Эта фаза складчатости создала основной структурный план района.

Наряду со складчатыми деформациями в районе широко развиты наложенные деформации, выразившиеся в создании разновозрастных систем разрывных нарушений разных порядков, которые определяются различными этапами тектоно-магматической активизации. Они представлены долгоживущими постоянно подновляемыми глубокофокусными разломными зонами различной ориентировки, определяющими металлогению района (Горьковец, Раевская, 2004, 2009, 2010; Светов, Свириденко, 2005).

В Костомукшском рудном районе рудопроявления золота встречаются в пределах всего Костомукшского рудного пояса и относятся к одному из перспективных типов золоторудных месторождений – золото-сульфидно-кварцевому типу зеленокаменных поясов, связанных с железисто-кремнистыми формация (Сафонов и др., 2006).

В сопредельной территории Финляндии развиты золоторудные рудопроявления в зеленокаменных поясах Кухмо-Суомуссалми и Типасъярви (Nurmi ..., ets. 1993).

Геолого-структурные и вещественно-морфологические особенности золоторудных проявлений Костомукшского рудного района позволяют трактовать гидротермальный генезис руд, образовавшихся при регенерации и переотложении рудного вещества вмещающих комплексов, несущих сингенетическое и ранее эпигенетическое оруденение. Формирование Au руд происходило в три этапа и в значительной степени было оторвано от первичного отложения железорудных толщ гимольской серии и позднелопийских интрузивных комплексов коматиитового и риодацитового состава (Горьковец, Раевская, 2004).

Первый этап формирования Au проявлений ассоциируется с гранитоидами с возрастом 2,70 млрд лет и контролируется субмеридиальными (СВ 15°) тектоническими структурами глубинного заложения. Для этого этапа характерны золото-кварцевый и золото-пирит-кварцевый типы оруденения.

Второй, наиболее продуктивный, этап формирования руд связан с селецкими микроклиновыми гранитами и рапаквивиподобными гранитами с возрастом 2,45 млрд лет и контролируется региональными секущими тектоническими зонами СЗ 310° простираения. Такие трансструктурные протерозойские разрывные дислокации являются ведущим фактором размещения центров магматических проявлений (малые интрузии) и обуславливают высокую активность метасоматических процессов. Для этого типа характерен золото-арсенопирит-кварцевый тип оруденения.

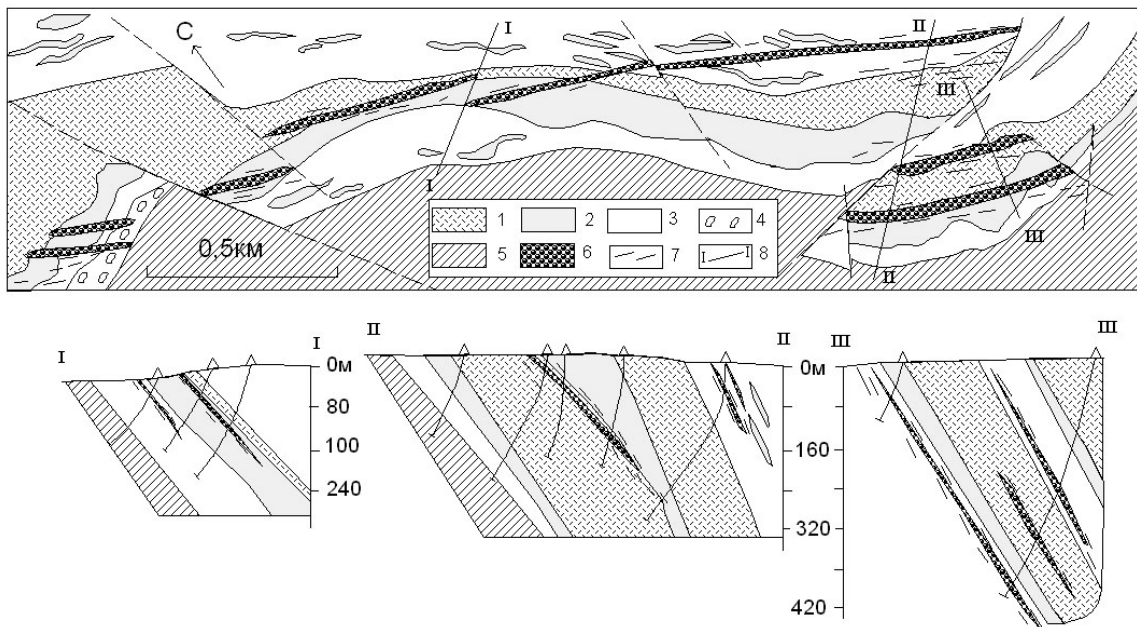


Рис. 3. Схема размещения золотого оруденения в южной части Костомукшского месторождения (рудопроявление золота Луупеансуо).

1 – риодациты (геллефлинты); 2 – магнетитовые кварциты; 3 – ритмичнослоистые слюдястые сланцы; 4 – конгломераты; 5 – базальты; 6 – установленная золоторудная минерализация; 7 – рудоконтролирующие тектонические зоны; I-I, II-II – разрезы.

Fig. 3. Scheme showing the distribution of gold mineralization in the southern Kostomuksha deposit (Luupiansuo gold occurrence).

1 = rhyodacites (halleflinta); 2 = magnetite quartzites; 3 = graded mica schists; 4 = conglomerates; 5 = basalts; 6 = proved gold mineralization; 7 = ore-controlling tectonic zones; I-I, II-II = sections.

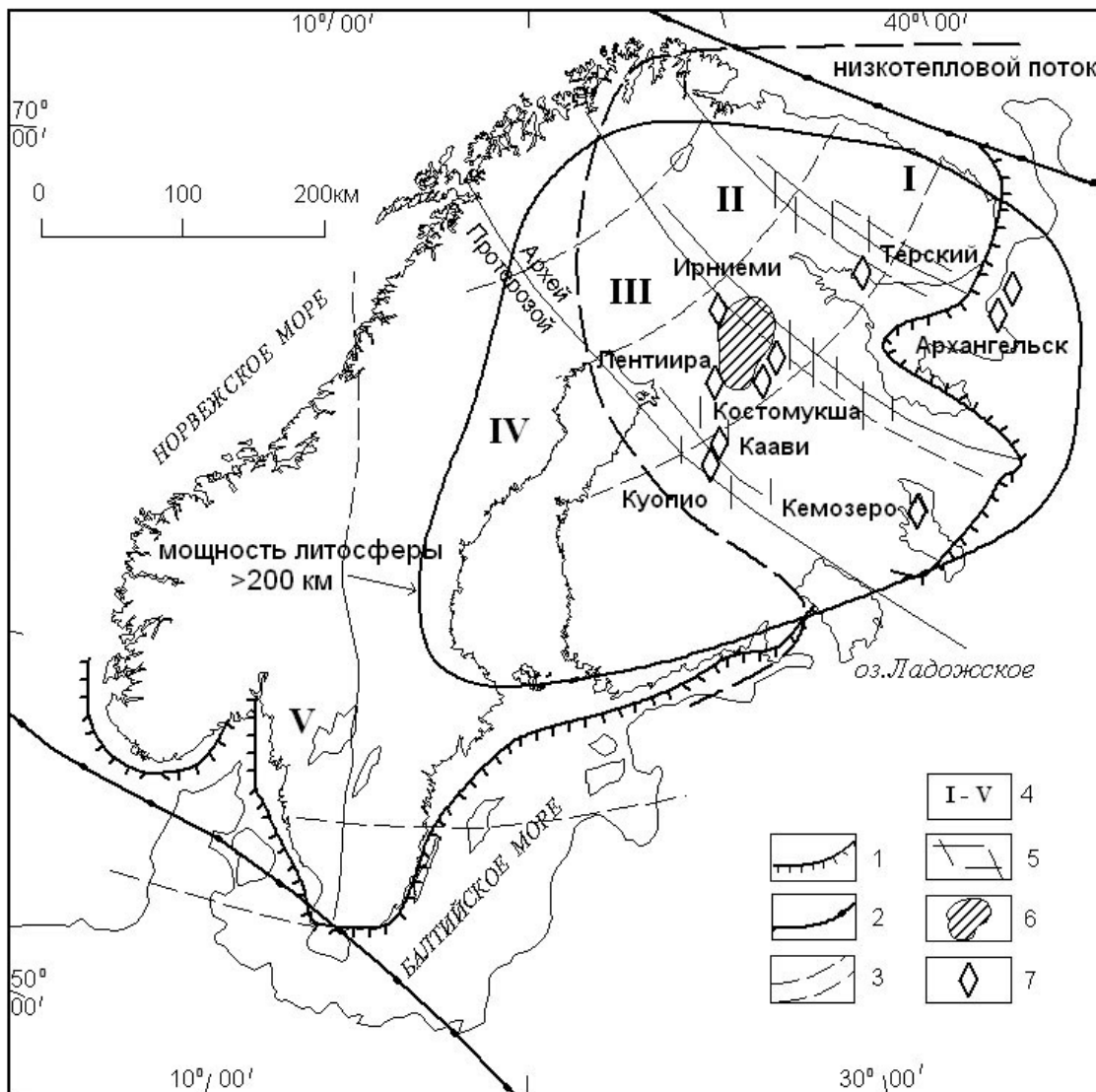


Рис. 4. Основные структурные элементы Фенноскандинавского щита и положение Фенно-Карельской лампроитовой и кимберлитовой провинции:

1 – граница платформенного чехла; 2 – краевые ограничения ФСЦ; 3 – системы осевых линий протерозойских тектонических напряжений ФСЦ; 4 – геоблоки: I – Кольско-Мезенский; II - Беломорский; III – Карельский; IV – Свеккофеннский; V – Дальс-ландский; 5 – зоны сдвиговых дислокаций; 6 – палеоархейский гранулитовый Вокнаволоцкий блок; 7 – районы размещения кимберлитов и лампроитов.

Fig. 4. Basic structural units of the Fennoscandian Shield and the position of the Fenno-Karelian lamproitic and kimberlitic provinces:

1 = platform cover boundary; 2 = Fennoscandian Shield margins; 3 = axial line systems of the Proterozoic tectonic strains of the Fennoscandian Shield; 4 = geo-blocks: I = Kola-Mezen; II = Belomorian; III = Karelian; IV = Svecofennian; V = Dalsland; 5 = shear-zones; 6 = Palaeoarchaean Voknavolok granulite belt; 7 = kimberlite and lamproite distribution areas.

Прогнозные ресурсы этого этапа Au рудопроявления Луупеансуо (рис.3), по категории P₁ составляет 125 т, что соответствует крупному по запасам Au рудопроявлению. Размер зерен золота от 10 до 250 мкм (средний 42 мкм). Золото высокопробное (786-950), самородное легкообогащаемое, что предполагает использование традиционных как гравитационных, так и флотационных технологий переработки руд (Горьковец и др., 2009).

Для докембрия Фенноскандинавского щита с 60-70 годов XX века приобрел реальное значение

выявленный кимберлитовый и лампроитовый магматизм. Геолого-минералогические, геофизические и изотопно-геохимические исследования проведенные по выявлению и изучению пород ультраосновного-щелочного ряда показали, что в центральной и краевой частях Карельского кратона широким развитием пользуются алмазоносные кимберлиты и лампроиты (Раевская, Горьковец, 1978; Проскураков и др., 1992; Раевская и др., 2007; Горьковец и др., 2009; Богатиков и др., 2007; 2009; O'Brien, Tyni, 1999). В пределах Карельского кратона в виде изолированных полей

выделяются разновозрастные диатремы кимберлитов и дайковые тела лампроитов: свекофеннского этапа (1,75 млрд лет) – Порьегубское и Кемозеро; рифейского – (1,32 млрд лет) – Костомукшское, Леантиира, Ирниеми, Лапинсуо; палеозойского – (0,59 и 0,44 млрд лет) Куопио-Каави. Алмазонасность кимберлитов и лампроитов подтвердилась находением в них минералов-спутников алмазов и непосредственно наличием самих алмазов.

В Костомукшском рудном районе в многочисленных (более 100) дайках лампроитов и диатремах кимберлитов Костомукшского рудного района выявлены кристаллы алмазов 0,8-1,5 мм. Кристаллы тетраэдрической и октаэдрической формы, в основном, бесцветные.

Структурное положение района Вокнаволоцкий блок – зеленокаменные пояса Костомукша-Кухмо-Суомуссалми определяется приуроченностью его к центральной части Карельского кратона с мощностью литосферы архейского кратона более 200 км и мощностью земной коры 40 км, что отвечает основным параметрам алмазонасных районов мира. Для этого участка земной коры характерен низкотемпературный поток в литосфере.

Сравнительный анализ тектонического развития Карельского кратона и алмазонасных провинций мира свидетельствует о большом сходстве основных геотектонических позиций, что позволяет выделить в восточной части Фенноскандинавского щита Фенно-Карельскую кимберлитовую алмазонасную провинцию.

Таким образом, наличие крупнейшего на Фенноскандинавском щите Костомукшского железорудного месторождения, золотого и алмазного рудопроявлений на данном участке земной коры свидетельствует о длительности, многоэтапности и закономерном сочетании процессов рудопроявления, способствовавших созданию условий для формирования крупных рудных концентраций, определяемых глубинными структурами и выделить Костомукшский рудный район как крупнейший комплексный рудный объект Республики Карелия.

Литература

Бибикова Е.В., Бергман И.А., Грачева Т.В., Макарова В.В. Архейский возраст железорудных формаций Карелии // Геология и проблемы рудообразования. М, 1977. С. 25-32.

Богатиков О.А., Кононова В.А., Носова А.А., Кондрашов И.А. Кимберлиты и лампроиты Восточно-Европейской платформы: петрология и геохимия. Петрология, 2007. Т.15, № 4. С.339-360.

Богатиков О.А., Кононова В.А., Носова А.А., Каргин А.В. Полигенные источники кимберлитов, составы магм и алмазонасность (на примере Восточно-Европейской и Сибирской платформ). Петрология, т. 17, № 6, 2009. С.651-671.

Глубинное строение и эволюция Земной коры Восточной части Фенноскандинавского щита: про-

филь Кемь-Калевала. Петрозаводск, КарНЦ РАН, 2001. 194 с.

Горьковец В.Я. Модель железнакопления в раннем докембрии восточной части Балтийского щита // Материалы научной конференции, посвященной 30-летию Института геологии КарНЦ РАН. «Проблемы геологии докембрия Карелии». Петрозаводск, 1993. С.11-28.

Горьковец В.Я., Раевская М.Б., Белоусов Е.Ф., Инина К.А. Геология и металлогения района Костомукшского железорудного месторождения. Петрозаводск, «Карелия», 1981. 143 с.

Горьковец В.Я., Раевская М.Б., Володичев О.И., Голванова Л.С. Геология и метаморфизм железисто-кремнистых формаций Карелии. Л., Наука, 1991. 173 с.

Горьковец В.Я., Раевская М.Б. Первая находка архейской коры химического выветривания в Карелии // ДАН СССР. 1983, т.272, № 6. С.1425-1428.

Горьковец В.Я., Раевская М.Б. Архейская кора выветривания в районах железорудных месторождений Западной Карелии // Геология рудных месторождений. 1986, т.28, № 2. С.101-109.

Горьковец В.Я., Раевская М.Б. Геология и рудоносность геологических формаций Костомукшского рудного района // Крупные и суперкрупные месторождения, закономерности размещения и условия образования. ОНЗ РАН, Москва, 2004. С. 95-109.

Горьковец В.Я. Вокнаволоцкий блок: геологическое строение палеогеодинамическая реконструкция // Беломорский подвижный пояс и его аналоги: геология, геохронология, геодинамика, минералогия // Материалы научной конференции. Петрозаводск, КарНЦ РАН. 2005. С. 150-152.

Горьковец В.Я., Раевская М.Б., Рудашевский Н.С., Рудашевский В.Н. Перспективное рудопроявление золота Костомукшского рудного района (Западная Карелия, Россия) // Материалы Всероссийской конференции «Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минералогия Северо-Запада России». Петрозаводск, 2007. С. 106-110.

Горьковец В.Я., Раевская М.Б. Рудопроявление золота Луупеансуо (Костомукшский рудный район) // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск, 2009. С. 48-59.

Горьковец В.Я., Попов М.Г., Раевская М.Б. Интрузивные позднепротерозойские калиевые щелочные, субщелочные породы Костомукшского рудного района // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск, 2009. С. 94-99.

Горьковец В.Я., Раевская М.Б. Геологические особенности кристаллического фундамента в приграничной полосе Финляндии и Республики Карелия // Труды КНЦ РАН, № 2, 2009. С.24-38.

Горьковец В.Я., Раевская М.Б. Геодинамические факторы железнакопления в неархее Фенноскандинавского щита // Материалы XVI международной конференции. Т.1, Воронеж, 2010. С. 223-225.

Железисто-кремнистые формации европейской части СССР: Стратиграфия. Киев, 1988. 192 с.

Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР: Тектоника. Киев, 1988. 192 с.

Железисто-кремнистые формации европейской части СССР: Структуры месторождений и рудных районов. Киев, 1989. 156 с.

Железная база России / Главный редактор В.П. Орлов. М., 1998. 842 с.

Лазарев Ю.И. Структурная и метаморфическая петрология железистых кварцитов Костомукшского месторождения. Л., 1971. 192 с.

Кожевников В.Н. Архейские зеленокаменные пояса Карельского кратона как аккреционные орогены. Петрозаводск, Карельский научный центр РАН, 2000. 223 с.

Общие вопросы расчленения докембрия СССР. Уфа, 1990. 49 с.

Общая стратиграфическая шкала нижнего докембрия России // Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2002. 13 с.

Проскуряков В.В., Увадьев Л.И. Лампроиты восточной части Балтийского щита // Изв. АН СССР, сер. геол., 1992, № 8. С. 65-75.

Раевская М.Б., Горьковец В.Я. Дайковый комплекс ультраосновных щелочных пород района Костомукшского железорудного месторождения // Оперативно-информационные материалы за 1977 г. (Геология и петрография). Петрозаводск, 1978. С. 47-51.

Раевская М.Б., Горьковец В.Я., Светова А.И., Володичев О.И. Стратиграфия докембрия Карелии. Опорные разрезы верхнеархейских отложений. Петрозаводск: КНЦ РАН, 1992. 191 с.

Раевская М.Б., Горьковец В.Я., Попов М.Г. Кимберлитоподобные брекчии Костомукшского рудного района // Материалы Всероссийской конференции «Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерагения северо-запада России». Петрозаводск, 2007. С. 332-334.

Сафонов Ю.Г., Волков А.В., Горьковец В.Я., Митрофанов Г.Л., Серафкин И.Б. Золоторудный потенциал территории России и перспектива поисков крупных золоторудных месторождений рудных полезных ископаемых. Стратегические виды рудного сырья. Под ред. Лаверова Н.П., Сафонова Ю.Г. М: ИГЕМ РАН. Т.2.2006. С. 241-270.

Свириденко Л.П. Метаморфизм и гранитообразование в раннем докембрии Западной Карелии. Л.: Наука, 1974. 157 с.

Свириденко Л.П., Хейсканен К.И. Тренды гранитоидов Карелии. Л., Наука, 1976. 139 с.

Чернов В.М. Стратиграфия и условия осадконакопления вулканогенных (лептитовых) железисто-кремнистых формаций Карелии. М.-Л., 1964. 187 с.

Чернов В.М., Инина К.А., Горьковец В.Я., Раевская М.Б. Вулканогенные железисто-кремнистые формации Карелии. Петрозаводск: «Карелия», 1970. 285 с.

Щербак Н.П., Горьковец В.Я., Додатко А.Д., Крестин Г.М., Пан А.М., Скаржинская Т.А., Снежко А.И., Струева О.М., Фоменко В.Ю., Щеголев И.Н. Схема корреляции стратиграфических подразделений железисто-кремнистых формаций докембрия европейской части СССР // Геологический журнал, 1986. Т. 46, № 2. С. 5-17.

Gorkovets V.Y. Deodinamic aspects of the formation of the Earth crust in the Late Archean of the Fennoscandian shield // International symposium "Mantle plums and metallogeny". Petrozavodsk-Moskva. 2002. P. 362-365.

Gorkovets V.Y., Rayevskaya M.B., Lukashov A.D. Geology of the proposed Kalevala, Tuulijarvi, Koitajoki and Tolvajarvi National Parks // Biodiversity of oldgrowth forest: itsconservation in northwestern Russia. Oulu, 2000. V. 58. P. 159-172.

Gorkovets V.Y., Rayevskaya M.B. Geological characteristics and assessment of the proposed Kalevala National Park. Helsinki, 2002. P. 9-10.

Mutanen T., Huhma H. The 3,3 Ga Siurua trondhjemitic gneiss in theArchaean Pudasjarvi Granulite Belt, northern Finland / Bulletin of the Geological of Finland. Vol. 75. P. 51-68.

Nurmi Pekka A. Sorjonen-Ward Peter. Geological development gold mineralization and exploration methods. The late Archean Hattu schist belt, Ilomantsi, eastern Finland. Geological Survey of Finland, Special Paper, 17, 1993. 386 с.

O'Brien Huhg, Tyni M. Mineralogy and Geochemistry of Kimberlites and Related from Finland // Proceedings of the 7th International Kimberlite Conference, Espoo, 1999. P. 625-636.