

УДК 55 (47) (091)

ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ КарНЦ РАН – ИСТОРИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (К 55-ЛЕТИЮ ОБРАЗОВАНИЯ)

В. В. Щипцов, С. А. Светов, А. В. Первунина

Институт геологии Карельского научного центра РАН

Институт геологии Карельского научного центра РАН в 2016 году отметил 55-ю годовщину с момента образования. В статье приводится краткая история развития основных направлений научных исследований Института геологии КарНЦ РАН на различных этапах его становления. На примере последних трех лет показаны ключевые научные результаты работ, охватывающих современные направления исследований организации, от геологии, петрологии, геофизики до геоэкологии и нанотехнологий.

Ключевые слова: научные исследования; геология; геофизика; минеральные ресурсы; Республика Карелия.

V. V. Shchiptsov, S. A. Svetov, A. V. Pervunina. INSTITUTE OF GEOLOGY OF THE KARELIAN RESEARCH CENTRE RAS – HISTORY OF SCIENTIFIC RESEARCH (ON 55th ANNIVERSARY SINCE FOUNDATION)

In 2016, the Institute of Geology at the Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences celebrated the 55th anniversary since its founding. The history and mainstream of the scientific research conducted by the institute are briefly described in this paper. The key results of geological, petrological and geophysical, geoecological, nanotechnological and other studies carried out in the past three years are reported.

The decree on founding the Institute of Geology as part of the Karelian Branch of the USSR Academy of Sciences was issued on May 18, 1961. It was stated in the Decree that the Presidium of the USSR Academy decided to establish the Institute of Geology on the basis of the Department of Petrography and Mineralogy and the Department of Regional Geology with their units, which were already part of the Karelian Branch of the USSR Academy of Sciences, to invigorate the geological study and technological application of Karelia's mineral resources.

The main fields of the research conducted by the institute in the 1960s were as follows:

- The fundamentals of the Precambrian geology of the Fennoscandian (Baltic) Shield;
- Magmatism, mineralogy, geochemistry and metallogeny;
- Tectonics and structure of metalliferous commercial minerals;
- Quaternary geology and geomorphology of Karelia and adjacent areas;
- Applied geology, including metalliferous and non-metalliferous mineral prospecting criteria;
- Feasibility study of the mining and industrial application of Karelia's mineral resources;
- Engineering geology and hydrogeology of Karelia.

In the last 55 years the institute's staff has conducted extensive research and made many scientific discoveries. The basic modern concepts of Karelia's geology were developed in

Soviet time, when the Karelian Finnish Scientific Research Facility, transformed later into the Karelian Branch of the USSR Academy of Sciences, was founded in 1946. It consisted of the Geology Sector (later 'Unit') with a chemical laboratory and a polishing workshop. Two more sections were established later. In post-war time, young geologists, such as K. O. Kratz and others, worked enthusiastically and productively under the supervision of Prof. P. A. Borisov.

During this period the institute's staff contributed greatly to a better understanding of the geological structure and lithospheric evolution of the southeastern Fennoscandian Shield and adjacent areas and the conditions behind the formation and distribution of useful minerals [Shchiptsov & Golovanova, 2006]. Multi-lateral, interdisciplinary and interregional studies in earth sciences were conducted.

A volume of scientific papers, entitled "Geology of Karelia from the Archean to the present" was published in 2011 to celebrate the 50th anniversary of the Institute of Geology. The main fields of research conducted by the institute over that period are described by the authors. The study of Precambrian stratigraphy and the technological study of genetically different rocks are discussed retrospectively. The origin of various scientific problems, relevant approaches and expected results are described. Modern data obtained by recent geochemical and geochronological studies are reported and models of the crustal evolution of the eastern Fennoscandian Shield are presented. The mineral resources of the Republic of Karelia are evaluated. Ongoing seismological and geoecological monitoring conducted by the institute is discussed.

The main ongoing scientific studies at the institute are concerned with: 1. The structure, composition, conditions for the formation and lithospheric evolution of the Fennoscandian Shield and global Precambrian correlations; 2. Mineralogy of Karelia. Integrated technologies: shungite and industrial minerals; 3. Neotectonics, seismicity and geoecology of Northwest Russia.

The 55th anniversary of the Institute of Geology is a significant landmark in its history. It shows the institute's scientific contribution and prospects for the future. Scientific priorities are changing, methods and analytical approaches are updated, new scientific trends are developed and new schools are established. All that will contribute to the institute's further activities, success in priority projects and a better internal structure.

Key words: research; geology; geophysics; mineral resources; Republic of Karelia.

Предыстория

В 2016 году Институту геологии КарНЦ РАН исполнилось 55 лет. За это время сложилась история организации, в которой есть место поискам, научным свершениям и открытиям. Фундамент современных представлений о геологии Карелии закладывался в советское время, с тех пор, когда в 1946 году была организована Карело-Финская научно-исследовательская база АН СССР, а затем филиал АН СССР. В состав организации входил сектор геологии (впоследствии отдел) с химической лабораторией и шлифовальной мастерской, а затем два отдела. В послевоенные годы в Карельском филиале АН СССР под руководством профессора П. А. Борисова очень слаженно и самоотверженно трудился коллектив молодых геологов, и его полноправным членом стал К. О. Кратц.

С 1949 года на территории Карелии развернулись тематические исследования по стратиграфии протерозойских образований под руководством К. О. Кратца, который сформулировал основной принцип исследования: без петрологии не может быть ни стратиграфии,

ни тектоники, ни металлогении раннего докембрия. Истоки этого принципа находятся в классической работе А. А. Полканова «Геолого-петрологический очерк северо-западной части Кольского полуострова» [Полканов, 1935, 1937]. Показательно, что в 1955 году в предисловии к своему капитальному труду о естественных рядах магм А. А. Полканов назвал двух своих аспирантов – К. О. Кратца и Д. А. Великославинского – соавторами в разработке этого важного петрологического направления. Этот принцип претворен в работах исследователей научной школы Полканова-Кратца – сотрудников Института геологии и геохронологии докембрия РАН, Института геологии Карельского научного центра РАН и Геологического института Кольского научного центра РАН.

С 1948 года группа геологов из Петрозаводска приступила к систематическому исследованию стратиграфии и тектоники раннего докембрия Карелии. Первые результаты в машинописных отчетах геологических фондов появляются в 1949 году. В 1955 году в Трудах Лаборатории геологии докембрия АН СССР (ЛАГЕД) дается обобщение по стратиграфии

и тектонике протерозоя Балтийского щита, основанное на новых данных [Кратц, 1955]. В то время в геологии господствовала геосинклинальная концепция развития складчатых областей, и было практически важно использовать ее сильные положения применительно к глубоко метаморфизованному раннему докембрию. Исследования проводились по запросу Северо-Западного геологического управления. Их постановка была вызвана широко развернувшимися на территории Карелии геолого-съемочными и поисково-разведочными работами, которые приносили все новые данные по геологии докембрия. Однако эти данные не могли быть достаточно полно объяснимы с позиций существовавших ранее представлений, сложившихся к середине 1930-х годов в результате региональной геологической съемки.

В кратком очерке о геологическом строении и основных чертах металлогении восточной части Балтийского щита К. О. Кратц указывал, что критериями для принятого стратиграфического подразделения послужили структурные несогласия, стратиграфические перерывы, последовательность напластования различных образований, соотношения с интрузивными породами, степень метаморфизма и гранитизации, а также сравнительная характеристика отдельных осадочно-вулканогенных толщ и интрузий, развитых в различных разобщенных районах (или зонах) [Кратц, Нумерова, 1957]. Он подчеркнул, что, несмотря на многочисленные новые данные, полученные за последние годы, положение некоторых выделенных комплексов и серий интрузий остается спорным. Это касается ладожской, печенгской, гиперборейской серий, позднеархейских (позднекарельских) интрузий. Много дискуссий вызывает также и положение границы между археем и протерозоем. Несмотря на то что многие кардинальные вопросы геологии Карело-Кольского региона окончательно не выяснены, совершенно очевидно, что геологическое изучение этой территории за последние 20 лет (со времени проведения XVII сессии Международного геологического конгресса в Москве) привело к принципиально новым представлениям о его геологическом прошлом.

В разработке региональной стратиграфической шкалы принимали участие сотрудники Карельского филиала АН СССР: В. А. Соколов, В. М. Чернов, В. И. Робонен, М. М. Стенарь, Н. Ф. Демидов, О. А. Рийконен и К. О. Кратц [Богданов, Робонен, 2011]. Новые исследования потребовали развития методики изучения метаморфизованных осадочных и вулканогенных толщ докембрия, которая нашла свое

применение в структурно-фациальном анализе докембрия, специализированном изучении слоистости и цикличности, использовании данных радиометрии (в то время в основном калий-аргоновой) [Кратц, 1960]. Схема стратиграфии докембрия, предложенная коллективом [Кратц, 1955; Борисов, Кратц, 1957], легла в основу государственных геологических карт территории Карелии разного масштаба, послужила основой для составления Карельского тома издания «Геология СССР» с приложением геологической карты масштаба 1:1 000 000. К. О. Кратц руководил комплексным проектом, результатом которого стал выпуск двухтомного издания о Карельской АССР [Геология..., 1960, 1962].

За период существования отдела на основе фациально-тектонического анализа была разработана стратиграфическая схема протерозоя и тектоническая схема Карелии. Составлены первые фациальные и палеогеографические карты, создан фундамент для оценки минерально-сырьевой базы Карелии, составлены карты четвертичных отложений и геоморфологии Западной Карелии [Бискэ, 1959, 1960]. Большая роль в этом принадлежит «отцу карельской геологии» П. А. Борисову [Соколов, 1972; Борисов..., 2013]. Таким образом, в конце 50-х годов объективно был создан фундамент для рождения научно-исследовательского института.

От прошлого к настоящему

В Постановлении Президиума АН СССР говорится: «В целях усиления и расширения научно-исследовательских работ по геологии и технологическому использованию минеральных богатств КАССР организовать в январе 1961 года Институт геологии на базе существующих в филиале отдела петрографии и минералогии и отдела региональной геологии с их подразделениями». 18 мая 1961 года выходит приказ по КФ АН СССР об организации Института геологии. Структура института включала отдел региональной геологии (зав. В. А. Соколов), отдел минералогии и петрографии (зав. К. О. Кратц), отдел четвертичной геологии и геоморфологии (зав. Г. С. Бискэ), отдел минерального сырья с группой экономики и лабораторией минерального сырья (зав. П. А. Борисов), химико-аналитическую лабораторию с группами химического и спектрального анализа, рентгеноскопии, шлихового анализа и механического разделения минералов (зав. лаб. В. А. Ахвонен), а также геологический музей (В. Н. Юдин).



Сотрудники лаборатории региональной геологии. Слева направо в первом ряду: С. И. Рыбаков, Н. Ф. Демидов, В. И. Робонен (зав. лабораторией), А. И. Светова; во втором ряду: Н. В. Мельянцев, В. И. Коросов, М. А. Елисеев и Г. М. Кириленко. 1969 г.



Сотрудники лаборатории литологии и палеовулканологии Л. П. Галдобина, А. И. Голубев, Г. М. Кононова, К. И. Хейсканен, Ю. И. Сацук, В. А. Соколов. 1968 г.

В первые годы с момента организации института вышла в свет монография К. О. Кратца «Геология карелид Карелии» [Кратц, 1963], явившая собой большое событие в геологии докембрия. Карельская часть Фенноскандинавского щита представлена докембрийскими структурно-вещественными комплексами. Концептуально было принято, что изучение и исследование взаимодействия в системе

«кора – мантия» на древнейших этапах эволюции Земли играет решающую и фундаментальную роль в деле познания истории развития Земли и появления на ней первых признаков жизни. Полихронность и полигенность рудоносных систем определили огромный минерально-сырьевой потенциал металлов, промышленных минералов и горных пород Республики Карелия.



Гирвасский палеовулкан (фрагмент)

В 60-х годах основными направлениями исследований института стали:

- научные основы геологии докембрия Фенноскандинавского (Балтийского) щита;
- магматизм, минералогия и геохимия, металлогения;
- тектоника и структура рудных полезных ископаемых;
- изучение проблем четвертичной геологии и геоморфологии Карелии и смежных областей;
- разработка вопросов прикладной геологии, в т. ч. поисковых критериев по рудным и нерудным ископаемым;
- технико-экономическое обоснование освоения и использования в народном хозяйстве минеральных богатств Карелии;
- изучение проблем инженерной геологии и гидрогеологии на территории Карелии.

За этот период сделан большой вклад в изучение геологического строения и выяснение фундаментальных закономерностей эволюции геологических процессов и закономерностей размещения и условий образования полезных ископаемых литосферы юго-восточной части Фенноскандинавского щита и прилегающих районов [Щипцов, Голованова, 2006].

Институт всегда отличала многопрофильность проводимых исследований в области наук о Земле. Получили развитие комплексные междисциплинарные и межрегиональные исследования.

Крупным событием стала международная конференция по тектонике докембрия восточной части Балтийского щита и геологические экскурсии по Карелии в июне 1971 года. Напутствовал участников академик Д. В. Наливкин.

Делегации иностранных специалистов из многих стран мира выглядели весьма представительными – США, Канада, Бразилия, Франция, Великобритания, Испания, Норвегия, Финляндия, Швеция и другие страны. С советской стороны принимали участие крупнейшие ученые-геологи А. А. Богданов, В. Е. Хаин, М. В. Муратов, Л. И. Салоп, С. С. Шульц и др. К международной конференции по тектонике восточной части Балтийского щита издан путеводитель геологических экскурсий по Карелии на русском и английском языках [Путеводитель..., 1971].

В ИГ КарНЦ РАН используется комплекс геологических методов, который позволяет охарактеризовать опорные разрезы нижнего протерозоя (карелий) в ранге надгоризонтов региональной стратиграфической шкалы: сумий, сариолий, ятулий, людиковий, калевий, вепсий. Впервые до рифея установлены биостратиграфические подразделения (слои с фитолитами) [Стратиграфия..., 1984; Общая стратиграфическая шкала..., 2000].

В работе выездной сессии Отделения геологии, геохимии и геофизики АН СССР принимают участие академики В. И. Смирнов, Д. С. Коржинский, А. Л. Яншин, М. А. Садовский, Ф. В. Чухров и члены-корреспонденты А. И. Тугаринов, К. О. Кратц, Г. И. Горбунов. Заседания чередовались с полевыми экскурсиями. Институт выдержал экзамен на зрелость. Один из важных моментов по итогам работы расширенной сессии можно определить словами академика В. И. Смирнова: «В процессе изучения докембрийских толщ было обращено внимание на прослоенные осадками тела магматического происхождения, большую часть которых ранее относили к глубинно-магматическим или интрузивным



Обсуждение результатов исследований на Беломорье в лаборатории метаморфической петрологии Института геологии Карельского филиала АН СССР (1976 г.) На фото: зав. лабораторией М. М. Стенарь, за столом (слева направо) – О. И. Володичев, Н. Е. Король, В. В. Щипцов, В. С. Степанов, Ю. Й. Сыстра, А. К. Карпова, Л. А. Тихонович (Малышева), Н. И. Щипцова (Скорнякова), Л. Е. Рэбо

образованиям. В ходе дальнейших работ были обнаружены серии застывших лавовых потоков, которые имели различную мощность, неоднородное площадное и стратиграфическое распространение. Применение вулканологических методов позволило определить направления течения лавы и в конечном итоге привело к открытию древнейших на Земле вулканических аппаратов. Вулканические жерла в докембрии – это логический результат целеустремленного геологического поиска. Так возникла новая ветвь в геологии – палеовулканология докембрия.

Институт действительно занял ведущую роль в развитии отечественной палеовулканологии. Впервые для докембрия составлены палеовулканологические карты Фенноскандинавского щита по 23 возрастным срезам и разработана методология палеовулканологических исследований докембрия [Светов, 1979]. Было установлено, что в возрастном диапазоне 3,2–0,6 млрд лет абсолютно преобладал плато-базальтовый вулкано-плутонизм, но интенсивность его постепенно снижалась. На территории Карелии выявлены 52 палеовулканические постройки и установлено их структурно-тектоническое размещение.

В 1980-е годы создается геологическая карта Карелии и в приложении к ней – серии

специализированных карт масштаба 1 : 500 000. Изданы коллективные монографии «Стратиграфия докембрия Карельской АССР (архей, нижний протерозой)» [1984] и «Геология Карелии» [1987].

Предложены геодинамические модели, необходимые для металлогенического районирования [Металлогения..., 1981, 1999; Хазов, 1982; Материалы..., 1987 и др.], изучались коматииты и геодинамика зон перехода океан-континент [Коматииты..., 1988], зоны расщелачивания и метасоматоза [Кулешевич, 1992], проявления золотометалльного оруденения [Металлогения..., 1999; Кулешевич, Лавров, 2011; Иващенко, Голубев, 2011 и др.], колчеданов и металлогенической эволюции рудных систем [Серноколчеданные месторождения..., 1978; Рыбаков, 1987], металлогения гранитоидов [Свириденко, 1974, 1980; Костин, 1999], дана оценка неметаллическим полезным ископаемым [Борисов, 1963; Вскрышные породы..., 1983; Алексеев и др., 1974; Пекки, Разоренова, 1977; Гродницкий, 1982; Precambrian industrial..., 1993 и др.]. Начали проводиться комплексные геохронологические исследования [Лазарев, 1987].

Глубокие исследования посвящены петрологии метаморфических комплексов, их изотопно-геохронологической систематике и эволюции



Бурение донных отложений на оз. Паанаярви. У станка А. Д. Лукашов и Э. Кукконен (Геологическая служба Финляндии). 1990 г.

во времени [Богачев и др., 1963; Этапы..., 1973; Лазарев, Кожевников, 1973; Володичев, 1975, 1990; Володичев и др., 2011 и др.]; петрологии магматизма докембрийских складчатых поясов и его изотопно-геохронологической систематике [Слюсарев, Куликов, 1973; Лавров, 1979; Богачев, Зак, 1980; Степанов, 1981; Костин, 1989 и др.]; тектонике глубокометаморфизованных комплексов [Международная тектоническая карта..., 1964; Лазарев, 1977; Сыстра, 1991]; палеогеодинамическим реконструкциям раннего докембрия [Кожевников, 2000]. Выявлены основные закономерности проявления эндогенных режимов метаморфизма с характеристиками Р-Т и Р-Т-t трендов в различных геодинамических обстановках докембрия Фенно-скандинавского щита [Слабунов, 2008].

Проведены геофизические исследования при поисках и разведке на слюдяных, керамических, шунгитовых и других месторождениях Карельского региона, изучались палеомагнетизм докембрийских образований, петрофизика горных пород, разработаны способы для высокоточного поиска магнитных объектов [Геофизические исследования..., 1968; Голод, 1978; Результаты..., 1983; Кищенко, 1991]. Впервые использован полевой метод магнитотеллурического зондирования (МТЗ) при исследованиях глубинного строения земной коры. Институт приобрел современную электроразведочную аппаратуру: ЦЭС-1, ЦЭС-2, МТЛ, ЭРС-71,

которая обеспечила оригинальные материалы в виде кривых МТЗ [Гришин, 1990].

Большой объем работы выполнен по изучению геологии, палеогеографии и полезных ископаемых четвертичного периода северо-запада России [Лукашов, 1976; Лукашов, Экман, 1978; Девятова, 1982; Четвертичные отложения..., 1993]. Созданы модели развития Онежского и Ладожского озер и прилегающих территорий в позднеледниковье и голоцене [Строение..., 1971; Ладожское озеро..., 1978], включающие динамику развития и деградации ледникового покрова, изменение уровней приледникового и послеледникового водоема, гляциоизостатическое поднятие территории, развитие на его побережьях и водоразделах растительности.

В списке первооткрывателей Зажогинского месторождения шунгитов состоит доктор технических наук Ю. К. Калинин. Большая заслуга в открытии месторождения мусковитовых пегматитов Слюдозеро (северная Карелия) принадлежит доктору геолого-минералогических наук Л. Л. Гродницкому, а кандидату геолого-минералогических наук М. М. Лаврову и научному сотруднику Н. Н. Трофимову – заслуги в открытии хромитовых руд Аганозерского месторождения. В Постановлении Совмина СССР от 04.01.1972 года, указавшего на «необходимость комплексного исследования углеродсодержащих нерудных полезных ископаемых Карелии – шунгитов, прогнозные запасы которых достигают сотен миллионов тонн»,



Действующий карьер по добыче шунгитовых пород (Забогинское месторождение)



Первооткрыватели Н. Н. Трофимов, М. М. Лавров и В. Н. Логинов (геолог КГРЭ) на керне Аганозерского месторождения хромовых руд. 1984 г.

Институт геологии был определен ведущей организацией страны в этом направлении.

Среди научных организаций, изучавших Костомукшское месторождение и геологию

территории распространения железорудных комплексов в западной Карелии, ведущая роль принадлежит Институту геологии КарНЦ РАН. Руководителем научно-исследовательской



Лаборатория геологии и разведки слюды. Слева направо: Л. Л. Гродницкий, Г. Сулова, Л. С. Голованова, В. А. Коншин, Т. Плотичина, Б. Я. Алексеев. 1974 г.



Поселок геологов на базе Костомукшской геологической партии Карельской ГРЭ. На переднем плане – А. Индюков; 1-й ряд слева направо – В. М. Чернов, Р. С. Егорова (Мельянцева), В. Я. Горьковец, студент Пяткин; 2-й ряд – С. Николаевский, Г. А. Свирская (Лебедева), В. И. Коросов, К. А. Инина, Ю. И. Лазарев; стоят – студент и В. И. Робонен. 1961 г.

работы по изучению железных руд западной Карелии с 1959 по 1980 г. в институте был доктор геолого-минералогических наук В. М. Чернов. В результате исследований Костомукшского железорудного месторождения в отделе геологии КФ АН СССР под руководством В. М. Чернова в период 1959–1962 гг. были получены новые данные по геологии и структуре месторождения, которые значительно повысили его перспективы [Чернов, 1964]. Доказывалось, что геологические и прогнозные запасы

месторождения до глубины 700–800 м, при которой возможна добыча открытым способом, могут составить до 6 млрд тонн.

Проходят годы, и уже к 50-летию института можно подвести определенные итоги. Научными коллективами и отдельными сотрудниками получены принципиально важные результаты по основным направлениям исследований, которые опубликованы и представлены на совещаниях различного ранга. За большой вклад в развитие фундаментальных и прикладных



Магнетитовые кварциты (железные руды Костомукшского месторождения) у здания института



Совещание по стратиграфии в Карельском филиале АН СССР. На трибуне В. З. Негруца, далее В. А. Коровкин, В. С. Куликов, В. А. Соколов, К. О. Кратц. Петрозаводск, 1982 г.

научных исследований в области наук о Земле, внедрение научных результатов в практику и в связи с 50-летием основания Института геологии КарНЦ РАН коллектив награжден Почетной грамотой РАН.

Из наиболее важных результатов фундаментальных исследований на этот период можно выделить следующие.

По направлению «Глубинное строение, геодинамика, сейсмология» получены геологические, петрохимические, изотопные

и геохронологические данные о формировании мезо- и неоархейских структурно-вещественных комплексов Фенноскандинавского щита в геодинамических обстановках, позволившие сопоставить с фанерозойскими – субдукционных (энсиалических и энсиматических), коллизионных, спрединговых, континентального рифтогенеза и мантийно-плюмовых режимов [Светов, 2009]. К важнейшим научным фактам относится выделение в раннем докембрии двух принципиально отличных этапов проявления



Делегация Института геологии Карельского филиала АН СССР – участники 27-го Международного геологического конгресса. Слева направо: С. И. Рыбаков, В. А. Соколов, В. С. Куликов, М. М. Стенарь, А. С. Пекки, Р. А. Хазов и К. И. Хейсканен. Москва, 1984 г.



Сотрудники института – участники американско-советско-канадского научного семинара с геологическими экскурсиями по Канадскому щиту. Слева направо: В. В. Щипцов, К. И. Хейсканен, М. М. Стенарь, Р. А. Хазов, А. П. Светов, А. И. Голубев, В. С. Куликов, Ф. П. Митрофанов (ГИ КНЦ АН СССР), Л. В. Кулешевич, Р. Оякангас (Миннесотский университет), А. И. Слабунов, Г. Н. Соколов, П. В. Медведев. Дулут, США, 1990 г.

эктогитового метаморфизма в породах Беломорского подвижного пояса Фенноскандинав-

ского щита – позднеархейского (2720 млн лет), связанного с субдукционно-коллизийными



Участники экспедиции по программе фундаментальных исследований ОНЗ РАН № 6 «Геодинамика и механизмы деформации литосферы» (координаторы академик А. О. Глико, академик Ю. Г. Леонов) и проекту «Сейсмическая модель литосферы и современная геодинамика юго-восточной части Фенноскандинавского щита» (руководитель доктор геолого-минералогических наук Н. В. Шаров). 2007 г.

процессами, и раннепротерозойского (2416 млн лет) [Слабунов, 2008; Слабунов и др., 2011], обусловленного особенностями становления габбро-норитовых интрузий (Гридинский полигон стал объектом крупной международной экскурсии для участников 33 МГК в июле-августе 2008 г.). Проведена корреляция Карельского кратона с рядом архейских кратонов обоих полушарий Земли в рамках проекта «Архейские кратоны Земли: строение, происхождение, рудогенез», на основании которой показано, что доминирующим механизмом формирования Карельского кратона являлось наращивание континентальной коры вокруг древних (> 3,3 млрд лет) сиалических ядер как в режиме активных окраин, так и за счет латеральной аккреции островных дуг [Кожевников, 2003; Slabunov et al., 2006]. Большим коллективом ученых РАН и отраслевых служб на основе кооперации по инициативе Института геологии КарНЦ РАН обобщены результаты инструментальных сейсмологических наблюдений, что позволило экспериментально верифицировать концепцию непрерывной самоорганизации тектонической структуры литосферы в пределах Восточно-Европейской платформы. Результаты изложены в монографиях [Глубинное строение..., 2004; Строение..., 2005; Землетрясения..., 2007].

По направлению «Стратиграфия и палеонтология» установлено глобальное распространение (Канадский щит, кратон Вайоминг – США, Западная Австралия – бассейн Набберу, Северо-Китайская платформа) одного из карельских родов фитогенных построек (*Djulmekella*), что может быть положено в основу межрегиональной корреляции палеопротерозойских отложений на биостратиграфической основе [Medvedev et al., 2009].

По направлению «Петрология, магматизм, метаморфизм» на территории Карельского кратона выделена древнейшая (3,05–2,95 млрд лет) адакитовая ассоциация, сосуществующая с островодужными вулканитами БАДР-серии известково-щелочного ряда, и проведена оценка режимов генерации первичных расплавов (РТ-параметры) ассоциации, маркирующих обстановку пологой субдукции в архее [Светов, 2009]. Получены древнейшие датировки (3329 ± 16 млн лет) детритового циркона из терригенных кварцитов Маткалахтинского зеленокаменного пояса, и таким образом, изменились представления об архейской хронологии ряда зеленокаменных поясов и металлогенических перспективах зеленокаменных поясов в Карельском кратоне [Кожевников, Скублов, 2010 и др.].



Совместный проект по бурению сверхглубокой Онежской параметрической скважины в деревне Новинка (Кондопожский район). Участники: Управление по недропользованию по РК, НПЦ «Недра» (Ярославль), ВСЕГЕИ (Санкт-Петербург), ИГ КарНЦ РАН

Обнаружены в составе Беломорского подвижного пояса архейские эклогиты, породы океанической коры, вулканиты островодужного типа, молассоподобные комплексы [Слабунов и др., 2011].

По направлению «Металлогения, полезные ископаемые» разработана геолого-генетическая классификация золоторудных месторождений и проявлений докембрия Карелии. Выявлен на основе анализа глобальных и региональных закономерностей в продуктивности ряда зарубежных кратонов антагонизм никелевого оруденения камбалдинского типа, связанный с контаминированными коматиитами, и алмазности территории, что позволяет считать обстановки выплавления в океанической обстановке неконтаминированных коматиитов в аллохтонных фрагментах мафических плато в зеленокаменных поясах Карельского кратона благоприятными при прогнозной оценке

алмазности региона. Обобщены материалы по Онежской рудной провинции, что позволяет представлять уникальное явление долгоживущих рудномагматических систем в протерозое Фенноскандинавского щита [Кожевников, 2009].

Обоснована потенциальность и доступность промышленных (индустриальных) минералов Карельской части Фенноскандинавского щита (кианитовые, гранатовые, ильменитовые, мусковитовые руды, новые типы полевошпатовых пород – анортозиты, сиениты, кварцевое сырье, тальковый камень) и разработаны на основе их технолого-минералогического изучения научно обоснованные методологии выбора технологических схем обогащения, обеспечивающих высокий уровень извлечения полезных компонентов, комплексность использования минерального сырья и экологическую безопасность обогатительного передела [Оценка..., 2011]. Выделены площади на территории Карельского региона, перспективные для получения блочного камня с высокими технологическими свойствами и высокой декоративностью, созданы электронные карты размещения месторождений и кадастр-справочник по месторождениям природного блочного камня [Щипцов, Шеков, 2012].

В рамках шунгитовой тематики выявлены новые подходы к глубокой модификации шунгитовых пород и их использованию в наукоемких технологиях, установлены для углерода шунгитовых пород структурные признаки и физические свойства, присущие фуллеренам, что позволяет сделать вывод о существовании в природе некристаллического фуллереноподобного или фуллероидного углерода, представителем которого является шунгит, подтверждены экспериментальным путем гипотезы о наличии дипольного момента стабилизированных в воде наночастиц (<1 нм, непланарных графеновых фрагментов) шунгитового углерода, что в практическом отношении расширяет перспективность шунгитового углерода для использования в биологических системах [Kovalevski et al., 1996, 2001; Рожкова и др., 2004; Rozhkova et al., 2007 и др.].

По направлению «Палеогеография, геоэкология» обосновывается заключение по датированию базальных слоев сапропеля оз. Перхозеро (9170 ± 100 лет) об уровне древнего Онежского озера, который опустился ниже отметки 50 м (высота водораздела Перхозера и Онежского озера) около 9300 лет назад, в отличие от ранее предполагаемого (12 000 лет) [Демидов, 2006]. На базе геолого-геохронологических исследований разрезов позднего плейстоцена севера европейской части России созданы модели развития ледникового покрова.



Рабочая встреча участников проекта «Онежская палеопротерозойская структура (геология, тектоника, глубинное строение и минерагения)». В. С. Куликов информирует о программе геологических экскурсий. 2010 г.

Установлены воздействия ледниковых покровов, наступающих из трех различных центров оледенения – Скандинавского, Баренцевоморского и Карского, выделены морены пяти различных ледниковых событий, разделены морские и континентальные отложения, маркирован восточный фланг последнего Скандинавского ледникового покрова. Результаты исследований, полученные совместно с геологами Норвегии и Дании, опубликованы в специальном выпуске журнала *Boreas* [2006], включающем 10 статей по палеогеографии позднего плейстоцена Европейского Севера России.

К 50-летию Института геологии КарНЦ РАН выпущен сборник научных статей «Геология Карелии от архея до наших дней» [Геология..., 2011]. В публикациях отражены ведущие направления научных исследований института за весь период полувековой истории. Показана ретроспектива изучения стратиграфических подразделений докембрия и технологических исследований пород различного генезиса. Приведены современные данные геохимических и геохронологических исследований разновозрастных докембрийских комплексов пород, представлены геодинамические модели формирования земной коры восточной части Фенноскандинавского щита. Ряд статей посвящены научной оценке минерально-сырьевых ресурсов Республики

Карелия, сейсмологическому и геоэкологическому мониторингу. На примере истории становления отдельных научных проблем определены перспективы дальнейшего развития.

Организован геофизический полигон в районе города Петрозаводска для комплексного синхронного мониторинга сейсмических, электромагнитных полей и вариаций магнитного поля Земли, пункта спутниковой геодезической сети (GPS), развертывание радиотомографического комплекса приема спутниковых сигналов для контроля состояния верхней ионосферы. Разработаны принципы и алгоритмы разделения техногенных и естественных микрособытий, составляющих основу сейсмического микрорайонирования. Освоен программный комплекс по локализации сейсмических событий «EL for Win» (Looker of Events Near Petrozavodsk). Усовершенствованы методики наблюдений техногенной сейсмичности (промышленных взрывов) мобильной станцией Cossack Ranger. Разработаны методики оценки влияния сейсмической и воздушной волны на жилые и инженерные объекты при проведении взрывных работ на карьерах.

В современный период 2013–2016 гг. главными направлениями научных исследований ИГ КарНЦ РАН являются: 1. Строение, состав, условия формирования, эволюция литосферы



Экспозиции по геологии, стратиграфии, металлогении и месторождениям полезных ископаемых докембрия Карелии (Музей геологии докембрия ИГ КарНЦ РАН)

Фенноскандинавского щита и глобальные корреляции докембрия; 2. Минерагения Карелии. Комплексные технологии: шунгиты, промышленные минералы; 3. Неотектоника, сейсмичность и геоэкология Северо-Запада России.

Были получены следующие основные результаты исследований в рамках первого направления, координаторы которого – д. г.-м. н. В. Н. Кожевников и д. г.-м. н. А. И. Слабунов.

Составлен макет Геологической карты Юго-Восточной Фенноскандии м-ба 1:750 000 (ред. В. С. Куликов), охватывающей Республику Карелия и окружающие районы Мурманской, Архангельской, Вологодской и Ленинградской областей, а также Восточной Финляндии общей площадью около 390 000 км². Разработана новая легенда, отличающаяся от легенд государственных геологических карт масштаба 1:200 000 и 1:1 000 000, базирующаяся на Международной шкале геологического времени [Ogg et al., 2008] для уровней эонов и эр. В легенде отражены современные взгляды на историю формирования земной коры в течение девяти главных этапов с их специфическими тектоническими режимами в период 3,5–0,26 млрд лет. В основу карты положены авторские материалы сотрудников ИГ КарНЦ РАН с использованием опубликованных работ других организаций России (ВСЕГЕИ, ПГО «Севзапгеология» и «Архангельскгеология», ГИН РАН, ГИ КНЦ РАН, Полярная МГРЭ, Карельская и Петербургская геологические экспедиции) и Финляндии. Презентация карты

состоялась на XII Всероссийском петрографическом совещании [Куликов и др., 2016].

Особенно следует отметить новые результаты, полученные при изучении Карельского кратона и Беломорского подвижного пояса (БПП).

В породных комплексах Карельского кратона проведена оценка условий метаморфизма ($T = 450 \pm 20$ °C и $P = 1 \pm 0,5$ кбар) и детально изучены метаморфические популяции цирконов из древнейших (2,94–3,0 млрд лет) субвулканитов Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса, что позволило установить неоархейский интервал метаморфизма пород: $2699,5 \pm 9,9$ (SHRIMP-II) млн лет (Хаутаваарский домен) и $2685,1 \pm 9,5$ (SHRIMP-II) млн лет (Койкарский домен).

Проведено изучение силлов долеритов заонежского надгоризонта людиковия в Онежской структуре. Установлено, что силлы Fe-Ti долеритов людиковия в пределах Заонежского полуострова в Онежской структуре имеют возраст 1956 ± 5 млн лет и отражают, вероятно, заключительную стадию формирования базитов людиковия [Степанова и др., 2014] (совместно с ИГЕМ РАН, ВСЕГЕИ).

Выявлен новый эпизод формирования базитов на Карельском кратоне – 2404 ± 5 млн лет, датировка получена для дайки фаялитсодержащих долеритов в районе г. Костомукши. Сравнение геохимических характеристик датированных долеритов и одновозрастных базитов в роях Шотландии, Норвегии, Канады и юго-западной Гренландии показывает значительное

сходство их составов, что в целом подтверждают известные модели палеоконтинентальных реконструкций на 2400 млн лет, предполагающие существование крупного континентального блока, включавшего не менее семи фрагментов архейской коры (совместно с ИГГД РАН, ИГЕМ РАН).

Анализ геохронологических данных на российской части Карельского кратона показал существование дискретного временного ряда формирования внутриплитных базитов: 2505, 2450, 2404, 2310, 2221, 2140, 1980, 1968, 1956 млн лет. Сопоставление с базитами БПП показало, что в период 2505–2100 млн лет формирование внутриплитных базитов в кратоне и БПП происходило синхронно. После 2100 млн лет синхронности эндогенных процессов не было: в кратоне формируются внутриплитные базиты людиковия (1985–1956 млн лет), а в БПП – интенсивные метаморфические преобразования, датированные по возрасту мигматитов (1940–1880 млн лет). Эти данные свидетельствуют, что процессы эклогитизации палеопротерозойских габбро-норитов в БПП связаны с формированием палеопротерозойского Лапландско-Кольского орогена (совместно с ИГГД РАН, ИГЕМ РАН).

По данным комплексного изучения мафических даек установлено, что в палеопротерозое (2,13–2,14 млрд лет назад) в Карельском кратоне происходило формирование континентальных толеитов MORB-типа, которые являются индикатором раскола континентальной коры, синхронного с открытием океанического бассейна (совместно с ИГЕМ РАН, ИГГД РАН, ВСЕГЕИ) [Stepanova et al., 2014b].

В Костомукшской структуре выделено несколько типов гранитоидов, обладающих собственной геохимической и металлогенической специализацией. Редкометалльные граниты с высоким содержанием Li, Rb, Cs, Nb и Sn связаны с золотосодержащим Bi-Te-Mo оруденением. Умереннощелочные гранитоиды отличаются аномально высоким содержанием Ba, Sr, Zr, Y, Hf и ΣREE . Распределение REE во всех типах гранитов центральной части структуры заметно различается, что, по-видимому, отражает различия в условиях генерации магм и геохимию источников и/или вмещающих пород.

Изотопное датирование лейкосом парагнейсов чупинского метаосадочного пояса в Беломорской провинции показало, что главная фаза частичного плавления граувакк проходила в условиях амфиболитовой / гранулитовой фации повышенных давлений (~9–11 кбар и ~700–780 °C). [Слабунов и др., 2015; Слабунов, Азимов, 2015]. Данные важны для корреляции

коллизионных процессов в подвижных поясах Беломорском и Лимпопо (совместно с геологическим факультетом МГУ и ИГГД РАН).

По результатам U-Pb датирования цирконов (SHRIMP-II) из габбро-анортозитов района оз. Ворочистое установлено время формирования комплекса габбро-анортозитов Беломорской провинции – 2505 ± 8 млн лет [Stepanova et al., 2014a]. Сходные геохимические характеристики габброидов из разных фрагментов района допускают объединение разобщенных тел в единую генетическую группу дифференцированных интрузий типа Киглапайт (Скергард). Время метаморфических преобразований по результатам U-Pb изучения цирконов в габбро-анортозитах – нижнее пересечение дискордии отвечает возрасту 1833 ± 150 млн лет – можно связать с коллизионными процессами в Лапландско-Кольском орогене (совместно с ВСЕГЕИ).

Разработана модель формирования Гридинской структуры [Volodichev, 2014]. Предполагается, что она является декомпрессионным каналом для глубинной эксгумации эклогитов и их изофациальных спутников – метапериодитов и цоизититов. БПП представлен Западно- и Восточно-Беломорским доменами, которые рассматриваются в качестве фрагментов палеотеррейнов, соединившихся во время архейской коллизии (около 2,7 млрд лет).

В настоящее время в институте, благодаря обновленной технической базе, широко проводятся тонкие минералого-геохимические и кристаллографические исследования. Проведен комплексный анализ гетерогенных зерен гидротермально-измененных цирконов из раннедокембрийских пород Карелии с благороднометалльным оруденением (Au, PGE, Ag). Показано, что искажение кристаллической решетки при взаимодействии с гидротермальными растворами сопровождается накоплением REE и рудных элементов. Использование методов рамановской спектроскопии при комплексном анализе цирконов является эффективным механизмом для реконструкции рудогенных процессов. Сопоставление результатов подтверждает, что источником детритового материала (кварца и цирконов) протерозойских зрелых терригенных пород являлись золоторудные кварцево-жильные гидротермальные системы [Кожевников и др., 2015].

В тяжелой фракции ятулийских кварцитов впервые были обнаружены зерна, состоящие из камаситовых сферолитов диаметром ~300 мкм и включающей их 2–3-фазной матрицы с переменным содержанием Fe-Mn-Cr. Космогенная природа этих зерен не вызывает

сомнений, однако остается выявить, являются ли они продуктами метеоритного дождя, космической пыли или астероидной бомбардировки. Древнейшими считаются микрометеориты, обнаруженные в мезопротерозойских (1,65–1,26 млрд лет) песчаниках Сатакунта в Финляндии.

Комплексное изучение акцессорных шпинелидов в мезоархейских коматиитах Восточной части Фенноскандинавского щита и Воронежского массива позволило установить, что в коматиитах Al-недеплетированного (AUDK) и Al-деплетированного (ADK) типов (сформированных в интервале от 3,0 до 2,8 млрд лет) сохраняются первично-магматические шпинелиды хромит-алюмохромитового ряда в виде реликтовых ядер в крупных зернах магнетит-хроммагнетита, если метаморфические преобразования пород не превышали эпидот-амфиболитовой фации (в интервале давлений <5 кбар и температурах <500 °C).

Установлено, что реликты хромитов-субферриалюмохромитов (Cr_2O_3 43,31–51,61 вес. %, Al_2O_3 7,66–13,64 вес. %, #Cr 70–79, #Mg 6 до 11, #Fe <10) являлись равновесными первично магматическими минеральными фазами в коматиитовых расплавах и кристаллизовались в интервале температур 1340–1370 °C. Показано, что акцессорная шпинель изменяет состав (содержание Al_2O_3 , величины $100 \cdot \text{Cr} / (\text{Al} + \text{Cr})$, $100 \cdot \text{Fe}^{3+} / (\text{Al} + \text{Cr} + \text{Fe}^{3+})$ и $100 \cdot \text{Mg} / (\text{Fe}^{2+} + \text{Mg})$) в зависимости от глубин магмогенерации (совместно с ИГГД РАН, ВГУ) [Рыбникова, 2015; Чаженгина и др., 2015].

Отдельно стоит упомянуть научные результаты, полученные в ходе выполнения крупных международных проектов.

Анализ проявления неархейских коллизионно-аккреционных процессов на Канадском, Фенноскандинавском и Каапвальском кратонах позволяет предположить, что эти литосферные фрагменты составляли единый суперконтинент, в котором существовала коллизионная сутура (совместно с геологическим факультетом МГУ).

В ходе международного бурового проекта по изучению ранней истории Земли на территории российской части Фенноскандинавского щита (FAR-DEEP) разработана эволюционная модель докембрийского литогенеза территории и развития аэробной системы Земли в переходный период от позднего архея к раннему протерозою (2500–2000 млн лет). (Международный научный проект «FAR DEEP»: ИГ КарНЦ РАН, Геологическая служба Финляндии, Геологическая служба Норвегии, Геологическая служба Швеции и др. организации).

В Бунделкхандском кратоне (Индийский щит) впервые выделены Центрально- и Южно-Бунделкхандский зеленокаменные пояса [Singh, Slabunov, 2014]. Полученные материалы позволяют рассматривать кратон как типичную гранит-зеленокаменную область (совместно с Бунделкхандским университетом, Индия).

Линейный характер пространственного распространения санукитоидных массивов Карельского и Бунделкхандского кратонов позволяет связать формирование этих комплексов с субдукционными процессами. Наиболее вероятный режим образования санукитоидов – активной континентальной окраины. Таким образом, проведенный анализ показывает, что геодинамические процессы начали «работать» на нашей планете в плейт-тектоническом режиме уже в архее.

Сравнительный анализ истории становления земной коры Беломорского и Транс-Северокитайского докембрийских подвижных поясов показал, что оба пояса являются суперпозицией двух докембрийских орогенезов. Становление каждого из них было связано с двумя аккреционно-коллизионными эпизодами: 2,7 и 1,9 млрд лет для Беломорского и 2,5 и 1,9 млрд лет для Транс-Северокитайского (совместно с ГИН РАН, ИГГД РАН, ГИ КНЦ РАН, Пекинским университетом (Китай), Институтом геологии и геофизики Китайской академии наук) [Li et al., 2015].

В рамках второго направления исследований института, посвященного минерагении Карелии (координаторы к. г.-м. н. А. И. Голубев и д. г.-м. н. В. В. Щипцов), за трехлетний период были получены следующие результаты.

Разработана ГИС-система «Индустриальные минералы Фенноскандинавского щита», включающая информацию о 35 видах минерального сырья и 600 промышленных месторождениях полезных ископаемых в пределах данной территории. Издана карта индустриальных минералов Фенноскандии М 1 : 2 000 000, предназначенная для стратегического планирования направлений разведки полезных ископаемых и исследований в области экономической геологии (Международный научный проект «FODD»: ИГ КарНЦ РАН, Геологическая служба Финляндии, Геологическая служба Норвегии, Геологическая служба Швеции, ГИ КНЦ РАН, ГУП «Минерал») [Ahtola et al., 2015].

Впервые для Карело-Кольской металлогенической провинции получены изохронные Re-Os датировки комплексных порфировых месторождений Лобаш (2720 ± 36 млн лет) и Ялонвара-Хатуноя (2760 ± 38 млн лет) в архейском



В 2013 году вышли в свет три тома, включающие в себя атлас с детальными описаниями и иллюстрациями палеопротерозойских пород Фенноскандинавского щита по программе международного научного бурения (ICDP FAR-DEEP). Материалы изданы в издательстве Springer в серии «Науки о Земле». Главный редактор Виктор Мележик (координатор международного проекта).

Участие сотрудников института: Vol. 1, Part IV. 4. 4.3 – П. В. Медведев, С. А. Светов; Vol. 2, Part VI. 5. 6.3.1 – А. Е. Ромашкин, Д. В. Рычанчик, П. В. Медведев; Vol. 3, Part VII. 6. 7.6.2 – М. М. Филиппов, 7.6.4. – М. М. Филиппов, Ю. Е. Дейнес; 7.8.2 и 7. 7.8.3 – П. В. Медведев)

Карельском кратоне и проявления Пякюля-Алатту (1914 ± 34 млн лет) в Свекофеннском поясе, показывающие устойчивость изотопной Re-Os системы молибденитов к интенсивному и неоднократному метаморфизму и пригодность для датирования процессов рудообразования в раннем докембрии. Полученные возрастные данные однозначно свидетельствуют о наличии уже в позднем архее рудно-магматических систем с промышленными гидротермальными рудами порфирового типа и об отсутствии существенного перераспределения и переотложения этих руд в более позднее время [Богачев и др., 2013].

Прецизионными аналитическими исследованиями, выполненными на оборудовании ИГ КарНЦ РАН, Университета Турку и ИГЕМ РАН (SEM VEGA II LSN с микроанализатором INCA Energy 350, SEM HITACHI S-3660N, Perkin Elmer SCIEX ELAN 6000, ICP-MS, ALA; ICP-MS), установлены минералого-геохимические индикаторы новых металлогенических перспектив (In, Ag, Au, Pd, Pt) скарнов Питкярантского рудного района. Обнаружено около пятидесяти новых рудных минералов (анджелаит, аргентовиттит, курилит и др.), значительная часть из которых – первые находки в Карело-Кольском регионе. Среднее содержание (50–100 г/т) и прогнозные ресурсы индия (240 т) в рудопроявлениях Питкярантского рудного района выводят его в разряд наиболее перспективных рудных объектов России.

Детальный металлогенический анализ эпигенетических типов оруденения золота

и платиноидов в докембрийских комплексах Карельского региона показал, что главным фактором контроля является тектонический – зоны сдвиговых дислокаций, сопровождающиеся низкотемпературным метасоматозом невысоких давлений. Выявлены благородно-металльные рудные объекты син- и эпигенетического типов в метапироксенитах Кааламского массива и апоскарновых метасоматитах Латвасюрья. Дана металлогеническая оценка редкометалльного оруденения Карелии, представленного месторождениями (V, Be, U) и рудопроявлениями (In, Re, Nb, Ta, Li, Ce, La, Y) семнадцати рудно-формационных типов магматической, пегматитовой, альбитит-грейзеновой, гидротермально-метасоматической, осадочной и эпигенетической групп [Ивашенко и др., 2014].

Установлено, что основные ресурсы ванадия сосредоточены в Онежском рудном районе – месторождения Падминской группы и Пудожгорского комплекса. Редкоземельные проявления имеют преимущественно Ce-La специализацию. Установлено, что территория Карелии с учетом мировой конъюнктуры имеет металлогенические перспективы только на V, U, Re, In, Nb.

Подготовлен обзор перспективных на REE минерализацию рудопроявлений в щелочных комплексах Восточной Фенноскандии. Установлены минеральные ассоциации редкоземельных и редких элементов (REE и RE) в ультраосновных-щелочных породах комплексов.

На примере Тикшеозерского массива определены концентрации, распределение и минералы-носители REE и RE (монацит, рабдофанит, бастнезит-синхизит, Sr-Ce-карбонат, анцилит-кальциоанцилит, TR-содержащий апатит), Ce-U-пирохлор и Nb-фазы с примесью Ce.

Разработан новый подход к оценке месторождений промышленных минералов как георесурсов на основе современных технологий комплексного извлечения полезных компонентов («критических» металлов, промышленных минералов) и использования нетрадиционных и новых видов минерального сырья Карело-Кольской провинции [Щипцов и др., 2014].

В турбидитовых отложениях кондопожской свиты калевийского надгоризонта Онежской структуры установлены антраксолиты (концентраты шунгитового вещества с низкой зольностью), заполняющие межзерновое пространство в туфопесчаниках, туфоалевролитах и метаргиллитах. Таким образом, эти породы можно рассматривать в качестве потенциального источника антраксолитов, на основе которых могут быть созданы специальные покрытия, медицинские препараты и др. Их обогащение возможно в процессе механического дробления [Филиппов, 2013].

Получены экспериментальные доказательства зависимости морфологии кластеров шунгитового углерода (ШУ) и спектральных свойств дисперсий от природы растворителя. Глобулярная форма агрегатов является отличительной чертой водных дисперсий ШУ. Графеновые структурные элементы выделены в толуоле.

Обнаружены зависимости интенсивности селективных спектров дисперсий наночастиц ШУ от длины волны возбуждения. В спектре возбуждения люминесценции дисперсий выделяются характеристические области вблизи 405 и 457 нм (совместно с РУДН и ФТИ РАН).

Установлено, что из водных дисперсий наночастиц ШУ могут быть получены гибридные материалы – промышленные люминофоры ZnS:Cu, которые используются для изготовления электролюминесцентных панелей, подсветки шкал приборов, клавиатур и жидкокристаллических дисплеев. Напыление наночастиц ШУ на порошки BaTiO₂ позволяет существенно увеличить значение диэлектрической проницаемости получаемых композитов, используемых в составе конденсаторов и электролюминесцентных источников света (совместно с СПбТУ) [Rozhkova, 2013].

Методами рамановской спектроскопии и электронной микроскопии исследовано углеродистое вещество (шунгитовое) в базитах на контактах с шунгитовыми породами. Выявлены

взаимосвязанные прожилки и обособленные включения шунгита. Установлено, что структурное состояние образовавшегося шунгита не фиксирует температурного воздействия [Chazhengina et al., 2013].

Методами ДТА и рамановской спектроскопии исследованы изменения углеродистого вещества (УВ) шунгитовых пород, претерпевших преобразования в почве. Шунгитовые почвы содержат от 3 до 46 % органического вещества и от 2 до 20 % шунгита. При этом наблюдается уменьшение упорядоченности шунгита. Отмечается повышенное содержание РЗЭ в почвах по сравнению с шунгитовыми породами.

Изучение адсорбционной активности шунгитовых пород до и после модифицирования показало, что щелочная обработка поверхности шунгитовых пород различного генезиса приводит к различной степени увеличения их сорбционной емкости. Сорбционная активность углеродных материалов зависит от величины и химического состава поверхности. Так, для образцов месторождения Максово адсорбция индикатора метиленового синего (аналога нефтепродуктов) увеличилась на 23 % (образец с содержанием углерода 31 %) и на 60 % (образец с содержанием углерода 50 %), в то время как для образца месторождения Карнаволок (содержание углерода 48 %) – только на 15 %.

Изготовлены образцы модельного электропроводящего композитного материала на основе гипса и порошка шунгитовой породы. Определено оптимальное содержание шунгитовой породы в композитном материале, составляющее 30–50 % (в массовых долях), при которых образцы обладают электропроводящими свойствами при сохранении прочностных характеристик.

Впервые предложен сценарий образования ШУ – продукта геологического процесса, описанный на квантовом уровне. Такой подход позволяет ответить на вопросы об источнике природного восстановленного оксида графена (ВОГ) как минимального элемента структуры ШУ, о линейных размерах ВОГ, о роли воды и геологического времени в формировании структуры ШУ, об агрегации ВОГ с формированием многоуровневой структурной организации ШУ и ее сохранении. Предложенная концепция указывает путь в выявлении химических реакций, отвечающих за происхождение углерода в шунгитах, и в моделировании конечных продуктов этих реакций (совместно с РУДН) [Razbirin et al., 2014].

Впервые на основе природного углерода шунгитов получена однородная мембрана (толщина ~2 мкм). Методами сканирующей

электронной микроскопии (СЭМ) и комбинационного рассеяния (КР) выявлена структурная организация углерода в мембране. Средний размер частиц, образующих мембранную сетку, составляет 50–100 нм. Согласно спектрам КР углеродные наночастицы мембраны идентифицированы как графеновые структуры. Мембраны могут быть перспективными элементами фотоники (совместно с СПбГИ (ТУ) и ФТИ РАН).

В области третьего направления исследований института – неотектоника, сейсмичность и геоэкология Северо-Запада России (координаторы: д. г.-м. н. С. А. Светов, д. г.-м. н. Н. В. Шаров) – получены следующие ключевые результаты.

На основе геологических и геофизических исследований детально охарактеризовано строение Костомукшского рудного района (КРР). Уникальной характеристикой района является сосуществование крупных месторождений железа, рудопоявлений золота, наличие алмазонасных кимберлитов, лампроитов, кварца и строительных материалов. По материалам сейсмотомографии прослежено строение мантии под КРР до глубины 800 км. Данные позволяют предполагать, что КРР расположен над мантийной скоростной колонкой, которая отображает наличие современного или древнего (протерозойского) мантийного плюма – главной причины аномальности КРР как в геофизическом, так и в металлогеническом отношении [Костомукшский рудный район..., 2015].

Впервые создан комплекс геофизических (сейсмическая, 3D-плотностная и магнитная) моделей земной коры центральной части Карельского кратона (приграничная территория восточной Финляндии и западной Карелии). Построена детальная трехмерная магнитная модель средней и нижней земной коры, охватывающая приграничную территорию Карелии и восточной Финляндии (62,0–65,5° с. ш., 28,3–34,0° в. д.). Получена 3D-схема разломов в сочетании с глубинными магнитными источниками [Пашкевич и др., 2015; Шаров, 2015].

Совершенствуется методология сейсмологической сети Мурманской, Архангельской областей и Республики Карелия для изучения слабосейсмичной территории, а также детальной параметризации очагов местных землетрясений.

Завершены комплексные работы по созданию геофизического полигона в районе Петрозаводска для комплексного синхронного мониторинга сейсмических, электромагнитных полей и медленных вариаций магнитного поля Земли, пункта спутниковой геодезической сети

(GPS), развертывание радиотомографического комплекса приема спутниковых сигналов для контроля состояния верхней ионосферы. 24 мая 2013 года в 09:53 по местному времени станцией было зарегистрировано сильное землетрясение магнитудой 8.2, произошедшее в Охотском море на глубине 601 км. На территории Карелии ощущались толчки интенсивностью 3,5–4 балла ($M = 2$). Обработка события была произведена по опорной станции PTZR. В 2015 г. геофизическая обсерватория «Петрозаводск» получила дальнейшее развитие. Данные обсерватории используются для изучения сейсмичности Карелии, анализа механизмов распространения электромагнитных предвестников землетрясений и возможности их регистрации на удалении от эпицентров, а также оценки риска воздействия геомагнитных возмущений на энергосистемы России.

Разработан и внедрен комплекс геолого-геофизических методов для поисков и разведки месторождений блочного камня [Рязанцев, 2015].

Зафиксированы различия в условиях (причинах) изменения уровня Белого моря на протяжении голоцена и в настоящее время. Начиная с 10,5 тыс. лет назад регрессия обусловлена локальными неотектоническими движениями, в то время как современное поднятие уровня моря связано с последствиями изменения климата – повышением температуры воды в Арктике, сокращением ледяного покрова, увеличением водного стока с континента. Показано, что на процесс потепления климата в районе Белого моря могут повлиять короткопериодные, вероятно, североатлантические колебания с периодом 60 лет, которые в ближайшие 30–40 лет будут способствовать снижению температуры в данном районе.

В районе п. Чупа выявлены различные признаки фациальной принадлежности стратифицированных донных отложений разного генезиса и на основе полученных данных оценены палеогеографические условия района исследования. Малая мощность разреза, соответствующего среднему и позднему голоцену, является косвенным свидетельством высокой тектонической активности, осложняющей гляциоизостатическое перемещение земной коры в этом районе карельского побережья Белого моря. Изменение климата отражено в изменениях соотношения Sr/Rb и La/Yb в осадочных отложениях, что отмечалось ранее для осадков малых озер южного Урала и Байкала (совместно с ГИ КНЦ РАН) [Колька и др., 2013].

Установлено, что Онежский залив во время дриасового похолодания был отделен

ледниковым фронтом от бассейна Белого моря и функционировал как пресноводный приледниковый водоем. Присутствие в нижних частях изученных разрезов на Поморском берегу (район п. Сумский Посад) зеленых водорослей *Pediastrum* подтверждает это. В разрезах встречаются горизонты с полным отсутствием ископаемой диатомовой флоры, что обусловлено длительностью перигляциальных условий.

Изучение литологии, биостратиграфии, состава пыльцы и диатомовых водорослей донных отложений озер Сумозерской островной возвышенности позволило установить, что краевой комплекс рельефа окончательно сформировался в стадию салпаусселькя (поздний дриас). Биогенное осадконакопление в котловинах озер началось в пребореале – около 10 тыс. л. н., на приморской равнине – 8–9 тыс. л. н.

Рассмотрены особенности рельефа и четвертичных отложений как основы современных ландшафтов Заонежского полуострова. Обобщены материалы по дегляциации территории и трансгрессивно-регрессивной деятельности Онежского озера в позднеледниковье и голоцене. Реконструкции динамики растительности на фоне изменения климатических условий выполнены с аллерада (~11 800 л. н.) до современности на основе палинологических, макрофосильных и радиоуглеродных данных озерных, озерно-болотных отложений разрезов Заонежского полуострова. На основе полученных данных сделаны предположения о возможном существовании поселений в те или иные периоды голоцена. Установлено, что земледелие здесь началось около 1100–900 л. н. (1140 ± 50 л. н., ЛЕ-6531; 950 ± 110 л. н., ЛЕ-6796) (совместно с ГИ КНЦ РАН) [Филимонова, 2015].

По данным математической статистики уточнены ассоциации химических элементов, отражающие совместное накопление или поступление загрязнителей в почвы города Петрозаводска. Установлено, что Pb-Sb-Sn-Zn ассоциация приурочена к зонам влияния стационарных (промышленных), а не подвижных источников загрязнения. Отмечено, что уровень загрязнения обследованной в г. Петрозаводске промышленной площадки (верхний слой почв) по суммарному показателю загрязнения (Zc) характеризуется как высокий, а по уровню загрязнения Pb – как очень высокий [Слуковский, 2015].

В техногенных почвах промышленных территорий г. Петрозаводска выявлены техногенные и природные (унаследованные из почвообразующих пород) ассоциации химических элементов. «Индустриальная ассоциация» связана

с загрязнением от основного производства – Sn, Cu, Mo, Co, Cd, Zn, Pb, W, Sb, Cr, (Ni, Bi, Mn, As, Ba), «топливно-энергетическая ассоциация» сформировалась в результате сжигания мазута в котельных – V, Ni.

Исследование химического состава донных отложений литоральной зоны северной части Ладожского озера позволило установить, что средние концентрации тяжелых металлов в донных отложениях выше или находятся на уровне региональных фоновых концентраций. Наибольшие коэффициенты концентрации по Cr, Co, Ni, Cu, Zn и Pb установлены для залива Кирьявалахти.

Разработана и обоснована методика интегральной эколого-геохимической оценки состояния компонентов природной среды техногенно нагруженных территорий на основе показателя экологической опасности (ПЭО), учитывающего воздействие элементов различных классов токсичности (As, Pb, Zn, Cd, Co, Cu, V, W) через весовые коэффициенты [Крутских, Косинова, 2014 и др.].

С использованием данных государственной статистики показано, что в последние 15 лет в регионе Карелия происходила перестройка структуры выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Снизилось количество выбросов взвешенных веществ, диоксида серы, оксида углерода, увеличилось – оксидов азота. Общее количество ежегодных выбросов от стационарных источников сократилось со 150,1 до 94,9 тыс. тонн (2000–2014 гг.), от передвижных источников – увеличилось с 39,1 до 78,0 тыс. тонн (1998–2014 гг.). Практически синхронно произошло изменение показателей смертности населения: с 2003 по 2014 г. снизилась общая смертность (на 26,5 %), смертность от болезней системы кровообращения (27,8 %), внешних причин (59,0 %), с 2004 по 2014 г. увеличилась смертность от новообразований (23,5 %).

На примере г. Петрозаводска выделены параметры геоэкологического мониторинга городской среды. Определены объекты и критерии мониторинга по компонентам экогеосистемы. Проработаны основные рекомендации для управления состоянием экогеосистемы города. Предложена схема геоэкологического менеджмента к внедрению в систему управления урбанизированными территориями на примере городов Республики Карелия [Рыбаков и др., 2013].

В статье отражена лишь часть результатов работы института. Исследования продолжаются и в ряде других направлений: в области фундаментальной геологии, петрологии



Участники XII Всероссийского петрографического совещания с участием зарубежных ученых (Петрозаводск, 2015)

и геодинамики докембрия, в сфере минерагении и «зеленых технологий» добычи и переработки полезных ископаемых, в области создания композитных материалов на основе углерода, в сфере геоэкологии, информационных систем, геотуризма и образования.

55-летний юбилей Института геологии КарНЦ РАН – важная веха нашей истории, показавшая его возможности и определившая дальнейшие перспективы работы. Приоритеты исследований меняются, совершенствуются методические и аналитические подходы, формируются новые научные направления и школы. Все это задает новый современный тренд будущего развития организации, ее внутренней структуры и приоритетных исследований.

Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам Института геологии КарНЦ РАН за их добросовестный труд на благо науки и помощь в составлении данного обзора. Конечно, не все результаты в него вошли, но мы надеемся, что приведенный список публикаций позволит читателю более детально познакомиться с интересующими его исследованиями и полученными выводами.

Важно отметить, что многие результаты исследований 2013–2016 гг. были получены в ходе выполнения грантов РФФИ (№№ 11-05-00168-а, 13-05-91162, 13-05-90909 мол_ин_нр, 13-05-98811р-север-а, 13-05-98817

р-север-а, 14-05-00432, 14-35-50191 мол_ин_нр, 15-05-09288, 15-35-50162, 15-05-08705 А, 15-05-09288, 16-45-100632, 16-35-00026, 16-35-00114, 16-35-00268 и др). Благодаря поддержке фонда многие идеи смогли реализоваться на практике.

Литература

Алексеев Б. Я., Голованова Л. С., Крохин А. И. Геологические основы разведки слюдяных месторождений Карелии / Отв. ред. А. В. Скропышев. Л.: Наука, 1974. 94 с.

Бискэ Г. С. Геоморфологическая карта СССР. М 1:4 000 000. Карелия. М.: ГУГК, 1960.

Бискэ Г. С. Четвертичные отложения и геоморфология Карелии. Петрозаводск: Госиздат, 1959. 307 с.

Бискэ Г. С., Лак Г. Ц., Лукашов А. Д. и др. Строе и история котловины Онежского озера. Петрозаводск: Карелия, 1971. 74 с.

Богачев А. И., Зак С. И. Щелочно-габброидная формация // Магматические формации раннего докембрия территории СССР. М.: Недра, 1980. Кн. 3. С. 144–165.

Богачев А. И., Зак С. И., Сафронова Г. П., Инина К. А. Геология и петрология Елетьозерского массива габброидных пород Карелии. Л.: Наука, 1963. 159 с.

Богачев В. А., Иваников В. В., Крымский Р. Ш. и др. Изохронный Re-Os возраст молибденитов раннедокембрийских порфириковых месторождений Карелии // Вестник СПбГУ. 2013. Вып. 2, сер. 7. С. 3–20.

Богданов Ю. Б., Робонен В. И. Результаты деятельности региональной межведомственной стратиграфической комиссии по Северо-Западу России (1984–2010) // Геология Карелии от архея до наших дней. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. С. 56–65.

Борисов П. А. Каменные строительные материалы Карелии. Петрозаводск: Карельский фил. АН СССР, 1963. 367 с.

Борисов П. А. Ученые Института геологии КарНЦ РАН / Отв. за выпуск В. В. Щипцов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. 66 с.

Борисов П. А., Кратц К. О. Направление и итоги исследований отдела геологии Карельского филиала АН СССР // Изв. Карел. и Кол. фил. АН СССР. 1957. № 6. С. 35–42.

Володичев О. И. Беломорский комплекс Карелии (геология и петрология). Л.: Наука, 1990. 245 с.

Володичев О. И. Метаморфизм фации дистеновых гнейсов (на примере беломорского комплекса). Л.: Наука, 1975. 170 с.

Володичев О. И., Король Н. Е., Кузенко Т. И., Сибилев О. С. Метаморфизм раннедокембрийских комплексов восточной части Фенноскандинавского щита // Геология Карелии от архея до наших дней. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. № 1. С. 49–55.

Вскрышные породы Костомукшского железорудного месторождения и пути их использования в народном хозяйстве / Ред. В. А. Соколов. Петрозаводск: Карелия, 1983. 367 с.

Геология Карелии / Отв. ред. В. А. Соколов. Л.: Наука, 1987. 231 с.

Геология Карелии от архея до наших дней // Матер. докл. Всерос. конф., посвященной 50-летию Института геологии Карельского научного центра РАН. Петрозаводск, 24–26 мая 2011 года. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 220 с.

Геология СССР. Т. XXXVII. Геологическое описание по Карельской АССР / Отв. ред. К. О. Кратц. М.: Госгеолтехиздат, 1960. Ч. 1. 740 с.

Геология СССР. Т. XXXVII. Полезные ископаемые / Отв. ред. П. Я. Антропов, Г. О. Глебова-Кульбах, К. О. Кратц. М.: Госгеолтехиздат, 1962. Ч. 2. 478 с.

Геофизические исследования докембрийских образований Карелии / Отв. ред. М. И. Голод. Петрозаводск: Карел. кн. изд., 1967. 100 с.

Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления / Ред. Н. В. Шаров. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2004. 353 с.

Голод М. И. Геофизические методы при поисках тектонических пегматитоносных зон. Л.: Наука, 1978. 112 с.

Гришин А. С. Геоблоки Балтийского щита. Петрозаводск: Карелия, 1990. 112 с.

Гродницкий Л. Л. Гранитные пегматиты Балтийского щита. Л.: Наука, 1982. 294 с.

Девятова Э. И. Природная среда позднего плейстоцена и ее влияние на расселение человека в Северодвинском бассейне и в Карелии. Л.: Наука, 1982. 156 с.

Демидов И. Н. О выделении маркирующего горизонта в донных отложениях Онежского приледникового озера // Доклады Академии наук. 2006. Т. 407, № 2. С. 217–220.

Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы / Ред. Н. В. Шаров, А. А. Маловичко, Ю. К. Щукин. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. Кн. 1: Землетрясения. 381 с. Кн. 2: Микросейсмичность. 96 с.

Иващенко В. И., Голубев А. И. Золото и платина Карелии: формационно-генетические типы оруденения и перспективы / Ред. Д. В. Рундквист. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 369 с.

Иващенко В. И., Голубев А. И., Ибрагимов М. М., Ромашкин А. Е. Золотосодержащее оруденение архея Койкарской структуры: генетическая типизация, минеральные ассоциации, условия образования, перспективы // Труды КарНЦ РАН. 2014. № 1. С. 39–55.

Кищенко Н. Т. Физические свойства докембрийских образований Карелии. Петрозаводск: Карельский научный центр, 1991. 65 с.

Кожевников В. Н. Архейские геодинамические системы: пологая субдукция, цикличность, молодые аналоги, металлогенические следствия // Труды КарНЦ РАН. 2003. Вып. 5. С. 3–21.

Кожевников В. Н., Скублов С. Г. Детритовые цирконы из архейских кварцитов Маткалахтинского зеленокаменного пояса, Карельский кратон: гидротермальные изменения, минеральные включения, изотопные возрасты // Доклады Академии наук. 2010. Т. 430, № 5. С. 681–685.

Кожевников В. Н. Архейские зеленокаменные пояса Карельского кратона как аккреционные орогены. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. 223 с.

Кожевников В. Н. Термальная история архейской мантии и алмазоносность кратонов (к оценке перспектив Карельского региона) // Доклады IX Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле». М., 2009. Т. 1. 63 с.

Кожевников В. Н., Ивашевская С. Н., Кевлич В. И. Геохимия и рамановские спектры цирконов из рудных (PGE-Au) амфиболитов массива Травяная Губа, Северная Карелия // Труды КарНЦ РАН. 2015. № 7. С. 36–53. doi: 10.17076/geo136

Колька В. В., Корсакова О. П., Шелехова Т. С. и др. Реконструкция относительного положения уровня Белого моря в голоцене на Карельском берегу (район поселка Энгозеро, Северная Карелия) // Доклады Академии наук. 2013. Т. 449, № 5. С. 587–592.

Коматииты и высокомагнезиальные вулканы раннего докембрия Балтийского щита. Л.: Наука, 1988. 192 с.

Костин В. А. Гранитоиды и метасоматиты Водлозерского блока. Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР, 1989. 163 с.

Костин В. А. К потенциальной рудоносности гранитоидов и метасоматитов Карельского геоблока // Металлогения Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1999. С. 57–78.

Костомукшский рудный район (геология, глубинное строение и минерагения) / Отв. ред. В. Я. Горьковец, Н. В. Шаров. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. 322 с.

Кратц К. О. Геология карелид Карелии // Тр. ЛА-ГЕД АН СССР. М.; Л.: АН СССР, 1963. Вып. 16. 210 с.

Кратц К. О. К обсуждению вопроса об абсолютном возрасте карелид Карелии // Геология и абсолютный возраст докембрия Балтийского щита и Восточной Сибири. Тр. ЛАГЕД АН СССР. М.; Л.: АН СССР, 1960. Вып. 9. С. 42–47.

Кратц К. О. О некоторых вопросах геологии протерозоя и строения Балтийского щита // Тр. ЛАГЕД АН СССР. М.; Л.: АН СССР, 1955. Вып. 5. С. 175–188.

Кратц К. О., Нумерова В. Н. Краткий очерк геологического строения и основные черты металлогении восточной части Балтийского щита // Мат. по геологии и полезным ископаемым северо-запада СССР. Л.: Госгеоллиздат, 1957.

Крутских Н. В., Косинова И. И. Методика оценки трансформации природной среды по результатам эколого-геохимических исследований (на примере г. Петрозаводска) // Вестник ВГУ. 2014, № 3. С. 95–97.

Кулешевич Л. В. Метаморфизм и рудоносность архейских зеленокаменных поясов юго-восточной окраины Балтийского щита. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1992. 267 с.

Кулешевич Л. В., Лавров О. Б. Новые данные по минералогии золоторудных объектов Карелии // Геология Карелии от архея до наших дней. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. С. 14–160.

Куликов В. С., Светов С. А., Слабунов А. И. и др. Геологическая карта юго-восточной Фенноскандии масштаба 1:750 000: новые подходы к составлению // Труды КарНЦ РАН. 2016. doi: 10.17076/geo444

Лавров М. М. Гипербазиты и расслоенные перидотит-габброноритовые интрузии докембрия Северной Карелии. Л.: Наука, 1979. 136 с.

Ладожское озеро (развитие рельефа и условия формирования четвертичного покрова котловины / Отв. ред. Г. С. Бискэ. Петрозаводск: Карелия, 1978. 205 с.

Лазарев Ю. И. Балтийский щит // Докембрий континентов: древние платформы Евразии. Новосибирск: Наука, 1977. С. 9–164.

Лазарев Ю. И. Минеральные U-Pb возрасты докембрия восточной части Балтийского щита. Л.: Наука, 1987.

Лазарев Ю. И., Кожевников В. Н. Структурно-петрологическое изучение гранитизации. Л.: Наука, 1973. 134 с.

Лукашов А. Д. Неотектоника Карелии. Л.: Наука, 1976. 108 с.

Лукашов А. Д., Экман И. М. Геоморфологическая карта СССР. М 1:2 500 000. Карельский лист. 1978.

Материалы по металлогении Карелии. Сб. ст. / Отв. ред. В. А. Костин. Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР, 1987. 181 с.

Международная тектоническая карта Европы. М 1: 2 500 000 (соавторы от ИГ К. О. Кратц, Ю. И. Лазарев). М., 1964.

Металлогения Карелии / Отв. ред. А. И. Богачев. Петрозаводск: Карелия, 1981. 201 с.

Металлогения Карелии / Отв. ред. С. И. Рыбаков, А. И. Голубев. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1999. 340 с.

Общая стратиграфическая шкала нижнего докембрия России. Апатиты: КНЦ РАН, 2000. 13 с.

Пашкевич И. К., Савченко А. С., Старостенко В. И., Шаров Н. В. Трехмерная геофизическая модель земной коры центральной части Карельского кратона // Доклады Академии наук. 2015. Т. 463, № 4. С. 469–473.

Пекки А. С., Разоренова В. И. Месторождения полевошпатового сырья Карелии. Л.: Наука, 1977. 152 с.

Полканов А. А. Геолого-петрологический очерк северо-западной части Кольского полуострова. Л.: АН СССР, 1935. 564 с.

Полканов А. А. Краткий обзор дочетвертичной геологии Кольского полуострова // Северная экскурсия. Кольский полуостров / Междунар. геол. конгресс XVII Сессия СССР; Ред. А. А. Полканов. Л.: ОНТИ НКТП СССР; М.: Гл. ред. геол.-развед. и геодез. лит.-ры, 1937. 123 с.

Путеводитель геологической экскурсии по Карелии / Международная конференция по тектонике восточной части Балтийского щита. Петрозаводск, 1971. 49 с.

Результаты геофизических исследований докембрийских образований Карелии. Петрозаводск: Кар. фил. АН СССР, 1983. 130 с.

Рожкова Н. Н. Наноуглерод шунгитов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 100 с.

Рожкова Н. Н., Емельянова Г. И., Горленко Л. Е., Луин В. И. Шунгитовый углерод и его модифицирование // Российский химический журнал. 2004. Т. XLVIII, № 5. С. 107–115.

Рыбаков С. И. Колчеданное рудообразование в раннем докембрии Балтийского щита. Л.: Наука, 1987. 269 с.

Рыбаков Д. С., Крутских Н. В., Шелехова Т. С. и др. Климатические и геохимические аспекты формирования экологических рисков в Республике Карелия. СПб.: ЭлекСис, 2013. 130 с.

Рыбникова З. П. Реликты первично магматических аксессуарных шпинелидов в архейских коматитах Восточной Фенноскандии // Тр. КарНЦ РАН. 2015. № 7. С. 149–163. doi: 10.17076/geo141

Рязанцев П. А. Оценка трещиноватости горного массива на основе моделей электротомографии // Геофизика. 2015. № 1. С. 41–50.

Светов А. П. Платформенный базальтовый вулканизм карелид Карелии. Петрозаводск: Наука, 1979. 208 с.

Светов С. А. Древнейшие адакиты Фенноскандинавского щита. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. 115 с.

Свириденко Л. П. Метаморфизм и гранитообразование в раннем докембрии Западной Карелии. Л.: Наука, 1974. 155 с.

Свириденко Л. П. Гранитообразование и проблемы формирования докембрийской земной коры. Л.: Наука, 1980. 216 с.

Серноколчеданные месторождения Карелии. Л.: Наука, 1978. 192 с.

Слабунов А. И. Геология и геодинамика архейских подвижных поясов Беломорской провинции Фенноскандинавского щита. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. 296 с.

Слабунов А. И., Володичев О. И., Скублов С. Г., Березин А. В. Главные стадии формирования

палеопротерозойских эклогитизированных габбро-норитов по результатам U-Pb (SHRIMP) датирования цирконов и изучения их генезиса // Доклады Академии наук. 2011. Т. 437, № 2. С. 238–242.

Слабунов А. И., Азимов П. Я. Архейская и палеопротерозойская мигматизация как отражение двух коллизионных событий в Беломорской провинции Фенноскандинавского щита: петрология, геология и геохронология // Петрография магматических и метаморфических горных пород: материалы XII Всероссийского петрографического совещания. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. С. 500–503.

Слабунов А. И., Володичев О. И., Король Н. Е. и др. Архейские гранулитовые комплексы Карельского кратона: петрология, геохронология, геодинамика // Петрография магматических и метаморфических горных пород: материалы XII Всероссийского петрографического совещания. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. С. 503–506.

Слуковский З. И. Геоэкологическая оценка состояния малых рек крупного промышленного города по данным о содержании тяжелых металлов в донных отложениях // Метеорология и гидрология. 2015. № 6. С. 81–88.

Слюсарев В. Д., Куликов В. С. Геохимическая эволюция базит-ультрабазитового магматизма протерозоя (юго-восток Балтийского щита). Л.: Наука, 1973. 104 с.

Строение литосферы российской части Баренц-региона / Ред. Н. В. Шаров, Ф. П. Митрофанов, М. Л. Вербя и др. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. 318 с.

Соколов В. А. Человек, влюбленный в камень. Петрозаводск: Карелия, 1972. 108 с.

Степанов В. С. Основной магматизм докембрия Западного Беломорья. Л.: Наука, 1981. 216 с.

Степанова А. В., Сальникова Е. Б., Самсонов А. В. и др. Проявление внутриплитного магматизма на Карельском кратоне 2,3 млрд лет назад: к проблеме эпохи «эндогенного покоя» в палеопротерозое // Доклады Академии наук. 2014. Т. 457, № 4, август. С. 460–465.

Стратиграфия докембрия Карельской АССР: (архей, нижний протерозой) / Ред. В. А. Соколов, Л. П. Свириденко, В. И. Робонен и др. Петрозаводск, 1984. 115 с.

Сыстра Ю. Й. Тектоника Карельского региона. Л.: Наука, 1991. 176 с.

Филимонова Л. В., Лаврова Н. Б. Палеогеография Заонежского полуострова в позднем плейстоцене и голоцене // Тр. КарНЦ РАН. 2015. № 4. С. 30–47. doi: 10.17076/bg22

Филиппов М. М. Антраксолиты. СПб.: ВНИГРИ, 2013. 296 с.

Филиппов М. М. Рамановская спектроскопия как метод изучения глубоко углефицированного органического вещества. Часть 1. Основные направления использования // Тр. КарНЦ РАН. 2014. Вып. 1. С. 115–134.

Хазов Р. А. Металлогения Ладожско-Ботнического геоблока Балтийского щита. Л.: Наука, 1982. 192 с.

Чаженина С. Ю., Рыбникова З. П., Светов С. А. Сканирующая электронная микроскопия и рама-

новская спектроскопия как комплекс методов для исследования зональности минералов (на примере шпинелидов из архейских коматиитов) // Зап. РМО. 2015. № 6. С. 94–106.

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

Четвертичные отложения Финляндии и Северо-Запада Российской Федерации и их сырьевые ресурсы. Карта м-ба 1:1 000 000 / Ред. Й. Ниёмела, И. М. Экман, А. Д. Лукашов. Эспоо, 1993.

Шаров Н. В. Глубинные сейсмические исследования в юго-восточной части Фенноскандинавского щита // Геофизический журнал. 2015. Т. 37, № 5. С. 104–120.

Щипцов В. В., Бубнова Т. П., Гаранжа А. В. и др. Оценка потенциала промышленных минералов Карелии: шаг за шагом // Геология Карелии от архея до наших дней. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. С. 161–171

Щипцов В. В., Голованова Л. С. Институт геологии. Академическая наука в Карелии 1946–2006. М.: Наука, 2006. Т. 2. С. 153–221.

Щипцов В. В., Шеков В. А. О концепции развития минерально-сырьевой базы Республики Карелия // Горный журнал. 2012. № 5. С. 8–13.

Щипцов В. В., Бубнова Т. П., Скамницкая Л. С. Геолого-технологическая оценка минерально-сырьевой базы промышленных минералов докембрия Карелии // Сб. научн. статей «Рациональное недропользование». Магнитогорск: МГТУ, 2014. С. 236–246.

Этапы тектонического развития докембрия Карелии. Л.: Наука, 1973. 174 с.

Ahtola T., Gautneb H., Halberg A. et al. Industrial minerals deposits of the Fennoscandian shield (the FODD project) // Промышленные минералы: проблемы прогноза, поисков, оценки и инновационные технологии освоения месторождений: материалы междунауч. научн.-практ. конференции. Казань: Казанская недвижимость, 2015. С. 3–6.

Boreas. 2006. Vol. 35, no. 3.

Chazhengina S. Y., Kovalevski V. V. Structural characteristics of shungite carbon subjected to contact metamorphism overprinted by greenschist-facies regional metamorphism // European Journal of Mineralogy, December 2013. Vol. 25. P. 835–843.

Kovalevski V. V., Buseck P. R., Cowley J. M. Comparison of carbon in shungite rocks to other natural carbons: AN X-ray and TEM study // Carbon. 2001. Vol. 39, no. 2. P. 243–256.

Kovalevski V. V., Rozhkova N. N., Zaidenberg A. Z., Yermolin A. N. Fullerene-like structures in shungite and their physical properties // Molecular Materials. 1996. Vol. 4. P. 77–80.

Li X., Zhang L., Wei C., Slabunov A. I. Metamorphic PT path and zircon U-Pb dating of Archean eclogite association in Gridino complex, Belomorian province, Russia // Precambrian Research. 2015. Vol. 268. P. 74–96.

Medvedev P. V., Melezhik V. A., Filippov M. M. Paleoproterozoic Petrified Oil Field (Shunga Event) // Paleontological Journal. 2009. Vol. 43, no. 8. P. 972–979.

Ogg J. G., Ogg G., Gradstein F. M. The Concise Geologic Time scale. Cambridge University Press, 2008. 150 p.

Precambrian Industrial Minerals of Karelia / Ed. V. Shchiptsov. Petrozavodsk, 1993. 83 p.

Razbirin B. S., Rozhkova N. N., Sheka E. F. et al. Spectral properties of shungite quantum dots // *Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics*. 2014. Vol. 5 (2). P. 217–233.

Rozhkova N. N. Aggregation and stabilization of shungite carbon nanoparticles // *Russian Journal of General Chemistry. Ecological Chemistry*. 2013. Vol. 83, no. 13. P. 2676–2685.

Rozhkova N. N., Gribanov A. V., Khodorkovskii M. A. Water mediated modification of structure and physical chemical properties of nanocarbons // *Diamond and Related Materials*. 2007. Vol. 16, no. 12. P. 2104–2108.

Singh V. K., Slabunov A. The Central Bundelkhand Archean greenstone complex, Bundelkhand craton, central India: geology, composition, and geochronology of supracrustal rocks // *International Geology Review*. 2014. P. 1–16. doi: 10.1080/00206814.2014.919613

Slabunov A. I., Volodichev O. I., Svetov S. A. et al. The archean nucleus of the Fennoscandian (Baltic) shield // *Geological Society Memoir*. 2006. Vol. 32. P. 627–644.

Stepanova A. V., Salnikova E. B., Samsonov A. V. et al. The 2.31 Ga mafic dykes in the Karelian Craton, Eastern Fennoscandian Shield: U-Pb age, source characteristics and implications to the breakup processes // *Precambrian Res.* 2014a. P. 1–15.

Stepanova A. V., Samsonov A. V., Salnikova E. B. et al. Palaeoproterozoic Continental MORB-type Tholeiites in the Karelian Craton: Petrology, Geochronology, and Tectonic Setting // *J. Petrol.* 2014b. Vol. 55, no. 9. P. 1719–1751.

Volodichev O. I. Evolution of metamorphic processes in the Belomorian mobile belt // *Precambrian high-grade mobile belts. Extended Abstracts*. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2014. P. 115–116.

Поступила в редакцию 30.08.2016

References

Alekseev B. Ya., Golovanova L. S., Krokhin A. I. *Geologicheskie osnovy razvedki slyudyanykh mestorozhdenii Karelii* [Basic geological principals of mica deposits prospecting in Karelia]. Ed. A. V. Skropyshev. Leningrad: Nauka, 1974. 94 p.

Biske G. S. *Geomorfologicheskaya karta SSSR. M 1 : 4 000 000. Kareliya* [Geomorphological map of the USSR (scale 1 : 4 000 000). Karelia]. Moscow: GUGK, 1960.

Biske G. S. *Chetvertichnye otlozheniya i geomorfologiya Karelii* [The Quaternary deposits and geomorphology of Karelia]. Petrozavodsk: Gosizdat, 1959. 307 p.

Biske G. S., Lak G. Ts., Lukashov A. D., Goryunova N. N., Il'in V. A. *Stroenie i istoriya kotloviny Onegskogo ozera* [Structure and history of the Onega Lake depression]. Petrozavodsk: Karelia, 1971. 74 p.

Bogachev A. I., Zak S. I. *Shchelochno-gabbroidnaya formatsiya* [Alkali-gabbroid formation]. *Magmaticheskie formatsii rannego dokembriya territorii SSSR* [Early Precambrian magmatic formations on the USSR territory]. Moscow: Nedra, 1980. B. 3. P. 144–165.

Bogachev A. I., Zak S. I., Safronova G. P., Inina K. A. *Geologiya i petrologiya Elet'ozerskogo massiva gabbroidnykh porod Karelii* [Geology and petrology of Elet lake massive of gabbroids in Karelia]. Leningrad: Nauka, 1963. 159 p.

Bogachev V. A., Ivanikov V. V., Krymskii R. Sh., Ivashchenko V. I., Belyatskii B. V., Gol'tsin N. A., Sergeev S. A. *Izokhronnyi Re-Os vozrast molibdenitov rannedokembriiskikh porfirovykh mestorozhdenii Karelii* [Re-Os molybdenite isochron age for the Early Precambrian porphyry deposits in Karelia]. *Vestnik SPbGU* [Vestnik Saint-Petersburg University]. 2013. Iss. 2, ser. 7. P. 3–20.

Bogdanov Yu. B., Robonen V. I. *Rezul'taty deyatelnosti regional'noi mezhvedomstvennoi stratigraficheskoi*

komissii po Severo-Zapadu Rossii (1984–2010) [Results of the activities of the regional stratigraphic commission for Northwest Russia (1984–2010)]. *Geologiya Karelii ot arkhaya do nashikh dnei* [Geology of Karelia from the Archaean to the present]. Petrozavodsk: KarRS of RAS, 2011. P. 56–65.

Borisov P. A. *Kamennye stroitel'nye materialy Karelii* [Rock construction materials in Karelia]. Petrozavodsk: Karelian Branch of the Acad. of Sci., USSR, 1963. 367 p.

Borisov P. A. *Uchenye Instituta geologii KarNTs RAN* [Scientists of the Institute of Geology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Science]. Ed. V. V. Shchiptsov. Petrozavodsk: KarRS of RAS, 2013. 66 p.

Borisov P. A., Kratts K. O. *Napravlenie i itogi issledovaniy otdela geologii Karel'skogo filiala AN SSSR* [Directions and overall results of the Geology department's research, Karelian Branch of the Academy of Science of the USSR]. *Izv. Karel. i Kol. fil. AN SSSR* [Proceed. of the Karelian and Kola Branches of the Acad. of Sci., USSR]. 1957. No. 1. P. 35–42.

Chazhengina S. Yu., Rybnikova Z. P., Svetov S. A. *Skanirovushchaya elektronnyaya mikroskopiya i ramanovskaya spektroskopiya kak kompleks metodov dlya issledovaniya zonal'nosti mineralov (na primere shpinelidov iz arkheiskikh komatiitov)* [Scanning electron microscopy and Raman spectroscopy as the complex of methods to investigate minerals zoning (case of spinels from the Archean komatiites)]. *Zap. RMO* [Proceed. of the Russian Mineralogical Society]. 2015. No. 6. P. 94–106.

Chernov V. M. *Stratigrafiya i usloviya osadkonakopleniya vulkanogennykh (leptitovykh) zhelezisto-kremnistykh formatsii Karelii* [Stratigraphy and conditions of deposition sediments of volcanogenic (leptite) iron-siliceous formations of Karelia]. Moscow; Leningrad: Nauka, 1964. 187 p.

Chetvertichnye otlozheniya Finlyandii i Severo-Zapada Rossiiskoi Federatsii i ikh syr'evye resursy. Karta m-ba 1 : 1 000 000 [Quaternary deposits of Finland and Northwestern part of the Russian Federation and their resources. Scale 1 : 1 000 000]. Eds. I. Niemela, I. M. Ekman, A. D. Lukashov. Espoo: 1993.

Devyatova E. I. Prirodnaya sreda pozdnego pleistotsena i ee vliyanie na rasselenie cheloveka v Severodvinskoy basseine i v Karelii [Late Pleistocene environment and its influence on humans migration in the North Dvina basin and Karelia]. Leningrad: Nauka, 1982. 156 p.

Demidov I. N. O vydelenii markiruyushchego gorizonta v donnykh otlozheniyakh Onezhskogo prilednikovogo ozera [Identification of marker horizon in bottom sediments of the Onega Periglacial Lake]. *Doklady Akademii nauk [Dokl. Earth Science]*. 2006. Vol. 407, no. 2. P. 217–220.

Etap tektonicheskogo razvitiya dokembriya Karelii [Stages in the Precambrian tectonic evolution of Karelia]. Leningrad: Nauka, 1973. 174 p.

Filimonova L. V., Lavrova N. B. Paleogeografiya Zaonezhskogo poluostrova v pozdnem pleistotsene i golotsene [Paleogeography of the Zaonezhye Peninsula in the Late Pleistocene and Holocene]. *Trudy KarNTs RAN [Trans. of KarRC of RAS]*. 2015. No. 4. P. 30–47. doi: 10.17076/bg22

Filippov M. M. Antraksolity [Anthraxolites]. St. Petersburg: VNIGRI, 2013. 296 p.

Filippov M. M. Ramanovskaya spektroskopiya kak metod izucheniya gluboko uglefitsirovannogo organicheskogo veshchestva. Chast' 1. Osnovnye napravleniya ispol'zovaniya [Raman spectroscopy as a method for investigation of highly carbonized organic matter. Part 1. Major applications]. *Trudy KarNTs RAN [Trans. of KarRC of RAS]*. 2014. Iss. 1. P. 115–134.

Geologiya Karelii [Geology of Karelia]. Ed. V. A. Sokolov. Leningrad: Nauka, 1987. 231 p.

Geologiya Karelii ot arkheya do nashikh dnei [Geology of Karelia from the Archaean to the present]. Mater. dokl. Vseross. konf., posvyashchennoi 50-letiyu Instituta geologii Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN. Petrozavodsk, 24–26 maya 2011 goda [Proceedings of the All-Russian Conference Convened to Celebrate the 50th Anniversary of the Founding of the Institute of Geology, Karelian Research Centre, RAS. Petrozavodsk, 24–26 May, 2011]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2011. 220 p.

Geologiya SSSR. T. XXXVII. Geologicheskoe opisanie po Karel'skoi ASSR [Geology of the USSR. Vol. XXXVII. Geological description of the Karelian ASSR]. Ed. K. O. Kratts. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 1960. Part. 1. 740 p.

Geologiya SSSR. T. XXXVII. Poleznye iskopaemye [Geology of the USSR. Vol. XXXVII. Mineral resources]. Eds. P. Ya. Antropov, G. O. Glebova-Kul'bakh, K. O. Kratts. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 1962. Pt. 2. 478 p.

Geofizicheskie issledovaniya dokembriiskikh obrazovaniy Karelii [Geophysical research of the Precambrian units in Karelia]. Ed. M. I. Golod. Petrozavodsk: Karel. kn. izd., 1967. 100 p.

Glubinnoe stroenie i seismichnost' Karel'skogo regiona i ego obramleniya [Deep structure and seismicity of the Karelian region and its framing]. Ed. N. V. Sharov. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2004. 353 p.

Golod M. I. Geofizicheskie metody pri poiskakh tektonicheskikh pegmatitonochnykh zon [Geophysical methods for detection of tectonic pegmatite zones]. Leningrad: Nauka, 1978. 112 p.

Grishin A. S. Geobloki Baltiiskogo shchita [Geoblocks of the Baltic Shield]. Petrozavodsk: Kareliya, 1990. 112 p.

Grodnitskii L. L. Granitnye pegmatity Baltiiskogo shchita [Granite pegmatites of the Baltic Shield]. Leningrad: Nauka, 1982. 294 p.

Ivashchenko V. I., Golubev A. I. Zoloto i platina Karelii: formatsionno-geneticheskie tipy orudneniya i perspektivy [Gold and platinum of Karelia: genetic types of mineralization and prospects]. Ed. D. V. Rundkvista. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2011. 369 p.

Ivashchenko V. I., Golubev A. I., Ibragimov M. M., Romashkin A. E. Zolotosoderzhashchee orudnenie arkheya Koikarskoi struktury: geneticheskaya tipizatsiya, mineral'nye assotsiatsii, usloviya obrazovaniya, perspektivy [Archean auriferous mineralization of the Koikary structure: genetic typification, mineral assemblages, formation conditions, perspectives]. *Trudy KarNTs RAN [Trans. of KarRC of RAS]*. 2014. No. 1. P. 39–55.

Khazov R. A. Metallogeniya Ladozhsko-Botnicheskogo geobloka Baltiiskogo shchita [Metallogeny of the Ladoga-Bothnia geoblock of the Baltic Shield]. Leningrad: Nauka, 1982. 192 p.

Kishchenko N. T. Fizicheskie svoystva dokembriiskikh obrazovaniy Karelii [Physical properties of the Precambrian units in Karelia]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 1991. 65 p.

Kozhevnikov V. N. Arkheiskie geodinamicheskie sistemy: pologaya subduktsiya, tsiklichnost', molodye analogi, metallogenicheskie sledstviya [Archean geodynamic systems: low-angle subduction, cyclicity, recent analogs, consequences for metallogeny]. *Trudy KarNTs RAN [Trans. of KarRC of RAS]*. 2003. Iss. 5. P. 3–21.

Kozhevnikov V. N., Skublov S. G. Detritovye tsirkony iz arkheiskikh kvartsitov Matkalakhtinskogo zelenokamennogo poyasa, Karel'skii kraton: gidrotermal'nye izmeneniya, mineral'nye vklyucheniya, izotopnye vozrasty [Detritic zircons from the Archean quartzites of the Matkalakhta greenstone belt of the Karelian Craton: hydrothermal alterations, mineral inclusions, isotope age]. *Doklady Akademii nauk [Dokl. Earth Science]*. 2010. Vol. 430, no. 5. P. 681–685.

Kozhevnikov V. N. Arkheiskie zelenokamennye poyasa Karel'skogo kratona kak akkretsiionnye orogeny [Archean greenstone belts of the Karelian Craton as accretionary orogens]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2000. 223 p.

Kozhevnikov V. N. Termal'naya istoriya arkheiskoi mantii i almazonosnost' kratonov (k otsenke perspektiv Karel'skogo regiona) [Thermal history of the Archean mantle and diamond-bearing cratons (on prognosis of the Karelia region's prospects)]. *Doklady IX Mezhdunarodnoi konferentsii "Novye idei v naukakh o Zemle"* [Proceed. of the IX International Conference *New Ideas in Earth Sciences*]. Moscow, 2009. Vol. 1. 63 p.

Kozhevnikov V. N., Ivashevskaya S. N., Kevlich V. I. Geokhimiya i ramanovskie spektry tsirkonov iz rudnykh (PGE-Au) amfibolitov massiva Travyanaya Guba, Severnaya Kareliya [Geochemistry and Raman spectra of

zircon from ore (PGE-Au) amphibolites of the Travyanaya Guba massif, North Karelia]. *Trudy KarNTs RAN [Trans. of KarRC of RAS]*. 2015. No. 7. P. 36–53. doi: 10.17076/geo136

Kol'ka V. V., Korsakova O. P., Shelekhova T. S., Lavrova N. B., Arslanov Kh. A. Rekonstruktsiya otnositel'nogo polozheniya urovnya Belogo morya v golotsene na Karel'skom beregu (raion poselka Engozero, Severnaya Kareliya) [Reconstruction of the White Sea relative level during the Holocene on the Karelian coast near Engozero settlement, Northern Karelia]. *Doklady Akademii nauk [Dokl. Earth Science]*. 2013. Vol. 449, no. 5. P. 587–592.

Komatiity i vysokomagnezial'nye vulkanity rannego dokembriya Baltiiskogo shchita [Early Precambrian komatiites and high-magnesia volcanites of the Baltic Shield]. Leningrad: Nauka, 1988. 192 p.

Kostin V. A. Granitoidy i metasomatity Vodlozerskogo bloka [Granitoids and metasomatites of the Vodlozero geoblock]. Petrozavodsk: Karelian Branch of the Acad. of Sci., USSR, 1989. 163 p.

Kostin V. A. K potentsial'noi rudonosnosti granitoidov i metasomatitov Karel'skogo geobloka [On potential ore-bearing granitoids and metasomatites of the Karelian geoblock]. Metallogeniya Karelii [Metallogeny of Karelia]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 1999. P. 57–78.

Kostomukshskii rudnyi raion (geologiya, glubinnoe stroenie i minerageniya) [Kostomuksha ore district (geology, deep structure and minerageny)]. Eds. V. Ya. Gor'kovets, N. V. Sharov. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2015. 322 p.

Kratz K. O. Geologiya karelid Karelii [Geology of the Karelian karelides]. *Tr. LAGED AN SSSR [Proceed. of the Laboratory of Precambrian Geology of the USSR Academy of Sciences]*. Moscow; Leningrad: AN SSSR, 1963. Iss. 16. 210 p.

Kratz K. O. K obsuzhdeniyu voprosa ob absolyutnom vozraste karelid Karelii [On discussing the absolute age of the Karelian karelides]. Geologiya i absolyutnyi vozrast dokembriya Baltiiskogo shchita i Vostochnoi Sibiri. *Tr. LAGED AN SSSR [Precambrian Geology and Absolute Age of the Baltic Shield and Eastern Siberia. Proceed. of the Laboratory of Precambrian Geology of the USSR Academy of Sciences]*. Moscow; Leningrad: AN SSSR, 1960. Iss. 9. P. 42–47.

Kratz K. O. O nekotorykh voprosakh geologii proterozoya i stroeniya Baltiiskogo shchita [On some questions of the Proterozoic geology of the Baltic Shield structure]. *Tr. LAGED AN SSSR [Proceed. of the Laboratory of Precambrian Geology of the USSR Academy of Sciences]*. Moscow; Leningrad: AN SSSR, 1955. Iss. 5. P. 175–188.

Kratz K. O., Numerova V. N. Kratkii ocherk geologicheskogo stroeniya i osnovnye cherty metallogenii vostochnoi chasti Baltiiskogo shchita [Brief overview of the geological structure and principal characteristics of the Eastern Baltic Shield metallogeny]. *Mat. po geologii i poleznym iskopaemym severo-zapada SSSR [Proceedings on the Geology and Mineral Resources of the North-West USSR]*. Leningrad: Gosgeolizdat, 1957.

Krutskikh N. V., Kosinova I. I. Metodika otsenki transformatsii prirodnoi sredy po rezul'tatam ekologo-geokhimicheskikh issledovaniy (na primere

g. Petrozavodsk) [Evaluation procedure of the natural environment transformation according to the results of ecological-geochemical studies (on the example of Petrozavodsk city)]. *Vestnik VGU [Proceed. of Voronezh State University]*. 2014. No. 3. P. 95–97.

Kuleshevich L. V. Metamorfizm i rudonosnost' arkhaiskikh zelenokamennykh poyasov yugo-vostochnoi okrainy Baltiiskogo shchita [Metamorphism and ore potential of the Archean greenstone belts of the Southeastern margin of the Baltic Shield]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 1992. 267 p.

Kuleshevich L. V., Lavrov O. B. Novye dannye po mineralogii zolotorudnykh ob'ektov Karelii [New data on the mineralogy of Karelia's gold units]. Geologiya Karelii ot arkheya do nashikh dnei [Geology of Karelia from the Archæan to the Present]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2011. P. 14–160.

Kulikov V. S., Svetov S. A., Slabunov A. I., Kulikova V. V., Polin A. K., Golubev A. I., Gor'kovets V. Ya., Ivashchenko V. I., Gogolev M. A. Geologicheskaya karta yugo-vostochnoi Fennoskandii masshtaba 1 : 750 000: novye podkhody k sostavleniyu [Geological map of Southeastern Fennoscandia (scale 1 : 750 000): a new approach to map compilation]. *Trudy KarNTs RAN [Trans. of KarRC of RAS]*. 2016. doi: 10.17076/geo444

Lavrov M. M. Giperbazity i rassloennyye peridotit-gabbro-noritovyye intruzii dokembriya Severnoi Karelii [Precambrian ultrabasites and stratified peridotite-gabbro-norite intrusions of North Karelia]. Leningrad: Nauka, 1979. 136 p.

Ladozhskoe ozero (razvitiye rel'efa i usloviya formirovaniya chetvertichnogo pokrova kotloviny [Lake Ladoga (relief evolution and formation conditions of the depression Quaternary nappe)]. Ed. G. S. Biske. Petrozavodsk: Kareliya, 1978. 205 p.

Lazarev Yu. I. Baltiiskii shchit [The Baltic Shield]. Dokembrii kontinentov: drevnie platformy Evrazii [Precambrian continents: ancient Eurasian platforms]. Novosibirsk, 1977. P. 9–164.

Lazarev Yu. I. Mineral'nye U-Pb vozrasty dokembriya vostochnoi chasti Baltiiskogo shchita [Precambrian U-Pb mineral ages of the Eastern Baltic Shield]. Leningrad: Nauka, 1987.

Lazarev Yu. I., Kozhevnikov V. N. Strukturno-petrologicheskoe izucheniye granitizatsii [Structural and petrological study of granitization]. Leningrad: Nauka, 1973. 134 p.

Lukashov A. D. Neotektonika Karelii [Neotectonics of Karelia]. Leningrad: Nauka, 1976. 108 p.

Lukashov A. D., Ekman I. M. Geomorfologicheskaya karta SSSR. M-b 1 : 2 500 000. Karel'skii list [Geomorphological map of the USSR (scale 1 : 2 500 000). Karelia]. 1978.

Materialy po metallogenii Karelii. Sb. st. [Proceedings on the metallogeny of Karelia. Collection of articles]. Ed. V. A. Kostin. Petrozavodsk: Karelian Branch of the Acad. of Sci., USSR. 1987. 181 p.

Mezhdunarodnaya tektonicheskaya karta Evropy. M 1 : 2 500 000 (soavtory ot IG K. O. Kratz, Yu. I. Lazarev) [International tectonic map of Europe. Scale 1 : 2 500 000. (K. O. Kratz, Yu. I. Lazarev, contributing authors, Institute of Geology)]. Moscow, 1964.

Metallogeniya Karelii [Metallogeny of Karelia]. Ed. A. I. Bogachev. Petrozavodsk: Kareliya, 1981. 201 p.

Metallogeniya Karelii [Metallogeny of Karelia]. Eds. S. I. Rybakov, A. I. Golubev. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 1999. 340 p.

Obshchaya stratigraficheskaya shkala nizhnego dokembriya Rossii [General Lower Precambrian stratigraphic scheme of Russia]. Apatity: KSC RAS, 2000. 13 p.

Otsenka potentsiala promyshlennykh mineralov Karelii: shag za shagom [Assessment of Karelia's industrial minerals potential: step by step]. Geologiya Karelii ot arkheya do nashikh dnei [Geology of Karelia from the Archaean to the Present]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2011. P. 161–171.

Pashkevich I. K., Savchenko A. S., Starostenko V. I., Sharov N. V. Trekhmernaya geofizicheskaya model' zemnoi kory tsentral'noi chasti Karel'skogo kratona [A three-dimensional geophysical model of the Earth's crust in the central part of the Karelian Craton]. *Doklady Akademii nauk* [Dokl. Earth Sci.]. 2015. Vol. 463, no. 4. P. 469–473.

Pekki A. S., Razorenova V. I. Mestorozhdeniya polevospatovogo syr'ya Karelii [Deposits of feldspathic raw materials in Karelia]. Leningrad: Nauka, 1977. 152 p.

Polkanov A. A. Geologo-petrologicheskii ocherk severo-zapadnoi chasti Kol'skogo poluostrova [Geological and petrological outline of the Northwestern Kola Peninsula]. Leningrad: AN SSSR, 1935. 564 p.

Polkanov A. A. Kratkii obzor dochetvertichnoi geologii Kol'skogo poluostrova. Severnaya ekskursiya. Kol'skii poluostrov [Brief overview of the Pre-Quaternary geology of the Kola Peninsula]. Mezhdunar. geol. kongress XVII Sessiya SSSR [International Geological Congress, XVII Session, USSR]. Ed. A. A. Polkanov. Leningrad: ONTI NKTP SSSR; Moscow: Glavnaya redaktsiya geologo-razvedochnoi i geodezicheskoi literatury [Chief Editorial Office of the Geological Prospecting and Geodetic Literature], 1937. 123 p.

Putevoditel' geologicheskoi ekskursii po Karelii [A geological excursion guide to Karelia]. Mezhdunarodnaya konferentsiya po tektonike vostochnoi chasti Baltiskogo shchita [International Conference on the Eastern Baltic Shield Tectonics]. Petrozavodsk, 1971. 49 p.

Rezultaty geofizicheskikh issledovaniy dokembriiskikh obrazovaniy Karelii [Results of the geophysical survey of the Precambrian units in Karelia]. Petrozavodsk: Karelian Branch of the Acad. of Sci., USSR, 1983. 130 p.

Rozhkova N. N. Nanouglerod shungitov [The nanocarbon of shungites]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2011. 100 p.

Rozhkova N. N., Emel'yanova G. I., Gorlenko L. E., Lunin V. I. Shungitovyi uglerod i ego modifitsirovanie [Shungite nanocarbon and its modification]. *Rossiiskii khimicheskii zhurnal* [Russian Journal of General Chemistry]. 2004. Vol. XLVIII, no. 5. P. 107–115.

Rybakov S. I. Kolchedannoe rudooobrazovanie v ranem dokembrii Baltiskogo shchita [Pyrite mineralization in the Early Precambrian Baltic Shield]. Leningrad: Nauka, 1987. 269 p.

Rybakov D. S., Krutskikh N. V., Shelekhova T. S., Lavrova N. B., Slukovskii Z. I., Krichevskaya M. V., Lazareva O. V. Klimaticheskie i geokhimicheskie aspekty formirovaniya ekologicheskikh riskov v Respublike Kareliya [Climatic and geochemical aspects of the ecological

risks formation in the Republic of Karelia]. St. Petersburg: ElekSis, 2013. 130 p.

Rybnikova Z. P. Relikty pervichno magmaticheskikh aktsessornykh shpinelidov v arkheiskikh komatiitakh Vostochnoi Fennoskandii [Relicts of the primary magmatic accessory spinels in the Archean komatites of the Eastern Fennoscandia]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. of KarRC of RAS]. 2015. No. 7. P. 149–163. doi: 10.17076/geo141

Ryazantsev P. A. Otsenka treshchinovatosti gornogo massiva na osnove modelei elektrotomografii [Evaluation of rock mass fracturing based on electrical resistivity imaging models]. *Geofizika* [The Russian Geophysics Journal]. 2015. No. 1. P. 41–50.

Shchiptsov V. V., Golovanova L. S. Institut geologii. Akademicheskaya nauka v Karelii 1946–2006 [Institute of Geology. The academic science in Karelia: 1946–2006]. Moscow: Nauka, 2006. Vol. 2. P. 153–221.

Shchiptsov V. V., Shekov V. A. O kontseptsii razvitiya mineral'no-syr'evoi bazy Respubliki Kareliya [On the concept of the mineral resources base development of the Republic of Karelia]. *Gornyi zhurnal* [Mining Journal]. 2012. No. 5. P. 8–13.

Shchiptsov V. V., Bubnova T. P., Skamnitskaya L. S. Geologo-tehnologicheskaya otsenka mineral'no-syr'evoi bazy promyshlennykh mineralov dokembriya Karelii [Geological and technological assessment of the Precambrian industrial minerals base in Karelia]. Sb. nauchn. statei "Ratsional'noe nedropol'zovanie" [Collection of Articles *Rational use of subsurface resources*]. Magnitogorsk: MG TU, 2014. P. 236–246.

Sernokolchedannye mestorozhdeniya Karelii [Pyrite deposits of Karelia]. Leningrad: Nauka, 1978. 192 p.

Slabunov A. I. Geologiya i geodinamika arkheiskikh podvizhnykh poyasov Belomorskoj provintsii Fennoskandinavskogo shchita [Geology and geodynamics of the Archean mobile belts (example of the Belomorian province of the Fennoscandian Shield)]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2008. 296 p.

Slabunov A. I., Volodichev O. I., Skublov S. G., Berezin A. V. Glavnye stadii formirovaniya paleoproterozoiskikh eklogitizirovannykh gabbonoritov po rezul'tatam U-Pb (SHRIMP) datirovaniya tsirkonov i izucheniya ikh genezisa [Main stages of the formation of Paleoproterozoic eclogitized gabbonorites. Evidence from U-Pb (SHRIMP) dating of zircons and study of their genesis]. *Doklady Akademii nauk* [Dokl. Earth Sci.]. 2011. Vol. 437, no. 2. P. 238–242.

Slabunov A. I., Azimov P. Ya. Arkheiskaya i paleoproterozoiskaya migmatizatsiya kak otrazhenie dvukh kollizionnykh sobytii v Belomorskoj provintsii Fennoskandinavskogo shchita: petrologiya, geologiya i geokhronologiya [The Archean and Palaeoproterozoic migmatization as the reflection of two collisions in the Belomorian province of the Fennoscandian Shield]. Petrografiya magmaticheskikh i metamorficheskikh gornykh porod. Materialy XII Vserossiiskogo petrograficheskogo soveshchaniya [Petrography of Magmatic and Metamorphic Rocks. Proceedings of the XII All-Russian Petrographic Conference]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2015. P. 500–503.

Slabunov A. I., Volodichev O. I., Korol' N. E., Sibelev O. S., Berezhnaya N. G., Larionov A. N.

Arkheiskie granulitovye komplekсы Karel'skogo kraton: petrologiya, geokhronologiya, geodinamika [Archean granulite complexes of the Karelian Craton: petrology, geochronology, geodynamics]. Petrografiya magmaticheskikh i metamorficheskikh gornyykh porod. Materialy XII Vserossiiskogo petrograficheskogo soveshchaniya [Petrography of Magmatic and Metamorphic Rocks. Proceedings of the XII All-Russian Petrographic Conference]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2015. P. 503–506.

Slukovskii Z. I. Geoekologicheskaya otsenka sostoyaniya mal'kikh rek krupnogo promyshlennogo goroda po dannym o sodержanii tyazhelykh metallov v donnykh otlozheniyakh [Geoecological assessment of small rivers in a big industrial city based on data on heavy metal content in bottom sediments]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and Hydrology]. 2015. No. 6. P. 81–88.

Slyusarev V. D., Kulikov V. S. Geokhimicheskaya evolyutsiya bazit-ul'trabazitovogo magmatizma proterozoya (yugo-vostok Baltiiskogo shchita [Geochemical evolution of the Proterozoic Basic-Ultrabasic magmatism of the Southeastern Baltic Shield]. Leningrad: Nauka, 1973. 104 p.

Stroenie litosfery rossiiskoi chasti Barents-regiona [Lithosphere structure of the Russian part of the Barents region]. Eds. N. V. Sharov, F. P. Mitrofanov, M. L. Verba et al. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2005. 318 p.

Sokolov V. A. Chelovek, vlyublenniy v kamen' [The man is fond of stones]. Petrozavodsk: Kareliya, 1972. 108 p.

Stepanov V. S. Osnovnoi magmatizm dokembriya Zapadnogo Belomor'ya [Precambrian mafic magmatism in the Western White Sea region]. Leningrad: Nauka, 1981. 216 p.

Stepanova A. V., Sal'nikova E. B., Samsonov A. V., Larionova Yu. O., Stepanov V. S. Proyavlenie vnutrip-litnogo magmatizma na Karel'skom kratone 2.3 mlrd let nazad: k probleme epokhi "endogen'nogo pokoya" v paleoproterozoe [2.3 Ga intraplate magmatism on the Karelian Craton: implications for the problem of "endogenic shutdown" in the Paleoproterozoic]. *Doklady Akademii nauk* [Dokl. Earth Sci.]. 2014. Vol. 457, no. 4, August. P. 460–465.

Stratigrafiya dokembriya Karel'skoi ASSR: (arkhei, nizhnii proterozoi) [Precambrian stratigraphy of the Karelian ASSR (the Archean, Lower Proterozoic)]. Eds. V. A. Sokolov, L. P. Sviridenko, V. I. Robonen et al. Petrozavodsk: Karelian Branch of the Acad. of Sci., USSR, 1984. 115 p.

Svetov A. P. Platformnyy bazal'tovyy vulkanizm karelid Karelii [Platform basaltic volcanism of the Karelian karelides]. Petrozavodsk: Nauka, 1979. 208 p.

Svetov S. A. Drevneishie adakity Fennoskandinavskogo shchita [The oldest adakites of the Fennoscandian Shield]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2009. 115 p.

Sviridenko L. P. Metamorfizm i granitoobrazovanie v rannem dokembrii Zapadnoi Karelii [Early Precambrian metamorphism and granite formation in Western Karelia]. Leningrad: Nauka, 1974. 155 p.

Sviridenko L. P. Granitoobrazovanie i problemy formirovaniya dokembriiskoi zemnoi kory [Granite formation and problems of the Precambrian Earth's crust]. Leningrad: Nauka, 1980. 216 p.

Systa Yu. I. Tektonika Karel'skogo regiona [Tectonics of the Karelian region]. Leningrad: Nauka, 1991. 176 p.

Volodichev O. I. Belomorskii kompleks Karelii (geologiya i petrologiya) [Belomorian complex of Karelia (geology and petrology)]. Leningrad: Nauka, 1990. 245 p.

Volodichev O. I. Metamorfizm fatsii distenovykh gneisov (na primere belomorskogo kompleksa) [Facies of metamorphism in kyanite gneisses: the Belomorian complex as an example]. Leningrad: Nauka, 1975. 170 p.

Volodichev O. I., Korol' N. E., Kuzenko T. I., Sibilev O. S. Metamorfizm rannedokembriiskikh kompleksov vostochnoi chasti Fennoskandinavskogo shchita [Metamorphism of the Early Precambrian complexes in the Eastern Fennoscandian Shield]. *Geologiya Karelii ot arkheya do nashikh dnei* [Geology of Karelia from the Archaean to the present]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2011. No. 1. P. 49–55.

Vskryshnye porody Kostomukshskogo zhelezorudnogo mestorozhdeniya i puti ikh ispol'zovaniya v narodnom khozyaistve [Overburden rocks of the Kostomuksha iron-ore deposit and ways of their exploitation for the national economy]. Ed. V. A. Sokolov. Petrozavodsk: Kareliya, 1983. 367 p.

Zemletryaseniya i mikroiseismichnost' v zadachakh sovremennoi geodinamiki Vostochno-Evropeiskoi platformy [Earthquakes and microseismicity in modern geodynamics problems on the East European platform]. Eds. N. V. Sharov, A. A. Malovichko, Yu. K. Shchukin. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2007. Ch. 1: Zemletryaseniya [Part 1. Earthquake]. 381 p. Ch. 2: Mikroiseismichnost' [Part 2. Microseismicity]. 96 p.

Ahtola T., Gautneb H., Halberg A., Philipphov M., Shchiptsov V., Voytekhovskiy Y. Industrial minerals deposits of the Fennoscandian shield (the FODD project). Promyshlennyye mineraly: problemy prognoza, poiskov, otsenki i innovatsionnyye tekhnologii osvoeniya mestorozhdenii: materialy mezhd. nauchn.-prakt. konferentsii. [Industrial Minerals: Problems of Prognosis, Exploration and Assessment and Innovation Technologies of Deposits Development: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference]. Kazan: Kazanskaya nedvizhimost'. 2015. P. 3–6.

Boreas. 2006. Vol. 35, no. 3.

Chazhengina S. Y., Kovalevskiy V. V. Structural characteristics of shungite carbon subjected to contact metamorphism overprinted by greenschist-facies regional metamorphism. *European Journal of Mineralogy*. December 2013. Vol. 25. P. 835–843.

Kovalevskiy V. V., Buseck P. R., Cowley J. M. Comparison of carbon in shungite rocks to other natural carbons: AN X-ray and TEM study. *Carbon*. 2001. Vol. 39, no. 2. P. 243–256.

Kovalevskiy V. V., Rozhkova N. N., Zaidenberg A. Z., Yermolin A. N. Fullerene-like structures in shungite and their physical properties. *Molecular Materials*. 1996. Vol. 4. P. 77–80.

Li X., Zhang L., Wei C., Slabunov A. I. Metamorphic PT path and zircon U – Pb dating of Archean eclogite association in Gridino complex, Belomorian province, Russia. *Precambrian Research*. 2015. Vol. 268. P. 74–96.

Medvedev P. V., Melezhik V. A., Filippov M. M. Paleoproterozoic Petrified Oil Field (Shunga Event). *Paleontological Journal*. 2009. Vol. 43, no. 8. P. 972–979.

Ogg J. G., Ogg G., Gradstein F. M. The Concise Geological Time scale. Cambridge University Press, 2008. 150 p.
Precambrian Industrial Minerals of Karelia. Ed. V. Shchiptsov. Petrozavodsk, 1993. 83 p.

Razbirin B. S., Rozhkova N. N., Sheka E. F., Nelson D. K., Starukhin A. N., Goryunov A. S. Spectral properties of shungite quantum dots. *Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics*. 2014. Vol. 5 (2). P. 217–233.

Rozhkova N. N. Aggregation and stabilization of shungite carbon nanoparticles. *Rus. J. Gen. Chem. Ecological Chemistry*. 2013. Vol. 83, no. 13. P. 2676–2685.

Rozhkova N. N., Gribov A. V., Khodorkovskii M. A. Water mediated modification of structure and physical chemical properties of nanocarbons. *Diamond and Related Materials*. 2007. Vol. 16, no. 12. C. 2104–2108.

Singh V. K., Slabunov A. The Central Bundelkhand Archean greenstone complex, Bundelkhand craton, central India: geology, composition, and geochronology of supracrustal rocks. *International Geology Review*. 2014. P. 1–16. doi: 10.1080/00206814.2014.919613

Slabunov A. I., Volodichev O. I., Svetov S. A., Stepanov V. S., Lobach-Zhuchenko S. B., Chekulaev V. P.,

Arestova N. A., Bibikova E. V., Sorjonen-Ward P., Balagansky V. V., Shchipansky A. A. The archaic nucleus of the Fennoscandian (Baltic) shield. *Geological Society Memoir*. 2006. Vol. 32. P. 627–644.

Stepanova A. V., Salnikova E. B., Samsonov A. V., Egorova S. V., Larionova Y. O., Stepanov V. S. The 2.31 Ga mafic dykes in the Karelian Craton, Eastern Fennoscandian Shield: U-Pb age, source characteristics and implications to the breakup processes. *Precambrian Res.* 2014a. P. 1–15.

Stepanova A. V., Samsonov A. V., Salnikova E. B., Puchtel I. S., Larionova Y. O., Larionov A. N., Stepanov V. S., Shapovalov Y. B., Egorova S. V. Palaeoproterozoic Continental MORB-type Tholeiites in the Karelian Craton: Petrology, Geochronology, and Tectonic Setting. *J. Petrol.* 2014b. Vol. 55, no. 9. P. 1719–1751.

Volodichev O. I. Evolution of metamorphic processes in the Belomorian mobile belt. *Precambrian high-grade mobile belts*. Extended Abstracts. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2014. P. 115–116.

Received August 30, 2016

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Щипцов Владимир Владимирович

директор, д. г.-м. н.
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, 185910 Петрозаводск,
Карелия, Россия
эл. почта: shchiptsov@krc.karelia.ru

Светов Сергей Анатольевич

заместитель директора по научным вопросам, д. г.-м. н.
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, 185910 Петрозаводск,
Карелия, Россия
эл. почта: ssvetov@krc.karelia.ru

Первунина Аэлита Валериевна

ученый секретарь, к. г.-м. н.
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, 185910 Петрозаводск,
Карелия, Россия
эл. почта: aelita@krc.karelia.ru

CONTRIBUTORS:

Shchiptsov, Vladimir

Institute of Geology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: shchiptsov@krc.karelia.ru

Svetov, Sergey

Institute of Geology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ssvetov@krc.karelia.ru

Pervunina, Aelita

Institute of Geology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: aelita@krc.karelia.ru