



***УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ  
И МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО  
Материалы научной сессии, посвящённой Дню геолога  
Апатиты, 5 апреля 2010 г.***

*Учреждение Российской академии наук  
Геологический институт КНЦ РАН*

*Российское минералогическое общество  
Кольское отделение*

*УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И  
МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО*



*Материалы научной сессии,  
посвящённой Дню геолога  
5 апреля 2010 г.*

*Апатиты 2010*

УДК 550.8

Устойчивое развитие и международное сотрудничество. Материалы научной сессии, посвящённой Дню геолога. Геологический институт КНЦ РАН, Кольское отделение РМО, 5 апреля 2010 г. / Ред. Ю.Л. Войтеховский. Апатиты: К & М, 2010. 85 с.

Сборник содержит материалы традиционной научной сессии, проводимой ко Дню геолога Геологическим институтом КНЦ РАН и Кольским отделением Российского минералогического общества. Акцент этого года – международное сотрудничество в рамках научных и геотуристических проектов. Особый интерес представляют исследования древнейших пород Земли, редкометальной минерализации щелочных гранитов, а также анализ результатов сверхглубокого бурения континентальной коры совместно с Геологической службой Финляндии, Академией геологических наук Китая, Центральной лабораторией минералогии и кристаллографии Болгарской академии наук, университетами Дели, Тромсё, Оулу и Хельсинки. Геотуризм – новое направление сотрудничества, активно развивающееся на приграничном пространстве России и Финляндии. Издание представляет интерес для геологов широкого профиля.

Электронная версия: <http://geoksc.apatity.ru/print/dg2010.pdf>

Научный редактор: проф., д.г.-м.н. Ю.Л. Войтеховский  
Литературный редактор: Т.А. Багринцева  
Компьютерный дизайн: А.А. Тележкин

© Коллектив авторов, 2010

© Российское минералогическое общество, Кольское отделение, 2010

© Учреждение Российской академии наук Геологический институт Кольского научного центра РАН, 2010

ISBN 978-5-902643-05-0

Sustainable development and international cooperation. Materials of the Scientific Session dedicated to the Geologist's Day. Geological Institute KSC RAS, Kola Branch of Russian Mineralogical Society, April 5, 2010 / Ed. Yu.L. Voytekhovsky. Apatity: K & M, 2010. 85 p.

The Volume contains materials of the Geologist's Day traditional scientific session carried out by the Geological Institute KSC RAS and Kola Branch of the Russian Mineralogical Society. The focus of the current year is the international cooperation in the framework of scientific and geotourism projects. Studying ancient rocks of the Earth, rare metal mineralization of alkaline granites and interpreting the superdeep drilling results jointly with the Geological Survey of Finland, Chinese Academy of Geological Sciences, Central Laboratory for Mineralogy and Crystallography of the Bulgarian Academy of Sciences, universities of Delhi, Tromsö, Oulu and Helsinki are of peculiar interest. The geotourism is a novel streamline of cooperation, which is now being widely promoted in the cross-border area of Russia and Finland. The publication is intended for broad sections of geologists.

See on-line: <http://geoksc.apatity.ru/print/dg2010.pdf>

Scientific Editor: Prof., Dr. Yury L. Voytekhovsky  
Literary Editor: T.A. Bagrintseva  
Computer Design: A.A. Telezhkin

© Authors, 2010

© Kola Branch of Russian Mineralogical Society, 2010

© Institution of Russian Academy of Sciences Geological Institute of Kola Science Centre RAS, 2010

## ОТ РЕДАКТОРА: ДЕНЬ ГЕОЛОГА – 2010

Профессиональный праздник День геолога учреждён Указом Президиума Верховного Совета СССР от 31 марта 1966 г., опубликованным в «Известиях» от 1 апреля 1966 г. Инициатором обращения в Президиум была группа геологов во главе с акад. А.Л. Яншиным, поводом – открытие Западно-Сибирской нефтегазовой провинции. Обращения в Правительство имели место и ранее, открытия в Западной Сибири лишь поставили точку в этой истории. Кольские геологи внесли значительный вклад в минерально-сырьевую копилку страны и с полным правом включились в празднование Дня геолога, внеся в него северный колорит. Геологический институт КНЦ РАН из года в год отмечает праздник за городом, среди снегов, когда весна лишь начинает вступать в свои права. Иногда с погодой везёт, иногда – не очень. Но праздник всегда проходит с душевным подъёмом (фотоприложение), ведь с него начинается новый геологический год! Сразу после него на учёных советах Института обсуждаются программы полевых работ и стартует подготовка к экспедициям.



В 2009 г. нами заложена новая традиция – сопровождать празднование Дня геолога конференцией по проблемам приграничного сотрудничества. Активное участие в ней приняли наши коллеги из Геологической службы Финляндии (Р. Пиетиля, М. Ильина, Й. Пихлайя) и Университета Хельсинки (проф. Т. Рямё). Конференция 5 апреля 2010 г. прошла под лозунгом «Устойчивое развитие и международное сотрудничество». Программа включала 12 докладов о результатах и перспективах сотрудничества с геологическими организациями Болгарии (к.г.-м.н. Л.М. Лялина), Индии (к.г.-м.н. Т.В. Каулина), Китая (к.г.-м.н. Ю.Н. Нерадовский), Норвегии (проф. К. Куллеруд, к.г.-м.н. Д.Р. Зозуля), Финляндии (д.т.н. Ф.Ф. Горбачевич, д.г.-м.н. А.А. Жамалетдинов, д.т.н. В.П. Конухин), Швейцарии (д.х.н. И.Н. Толстихин) (фотоприложение).

Новый акцент этого года – геотуризм (проф. Ю.Л. Войтеховский, к.г.-м.н. В.В. Колька, В.Н. Петров, И.Л. Волкова), в развитии которого на Кольском п-ове наши скандинавские соседи заинтересованы столь сильно, что Евросоюз готов – разумеется, на конкурсной основе – выделить на это деньги. Геологическая служба Финляндии и Геологический институт КНЦ РАН не могут пройти мимо возможности внести социально значимый вклад в развитие соседствующих регионов.

К сожалению, совпадение Дня геолога с праздником Пасхи не позволило ряду российских и зарубежных коллег прибыть к нам в гости. Присланные ими доклады также публикуются в настоящем томе (д.г.-м.н. В.И. Богоявленский, П. Иоханссон, Р. Пиетиля, Й. Пихлайя, проф. Т. Рямё, А. Хейнонен, Э. Хейлимо, Я. Халла, М. Курхила, П. Итконен). Конференция активно освещалась в главных региональных газетах «Мурманский вестник» и «Хибинский вестник» (фотоприложение). Традициям – быть!

**С Днём геолога, уважаемые коллеги! Желаю вам успешных международных проектов! Планета Земля – объект изучения каждого геолога!**

Директор Геологического института КНЦ РАН  
Председатель Кольского отделения РМО  
Проф., д.г.-м.н.

Ю.Л. Войтеховский

5 апреля 2010 г.

## EDITOR'S ADDRESS: GEOLOGIST'S DAY - 2010

The professional holiday of the Geologist's Day was established with the assignment of the Presidium of USSR Supreme Soviet of March 31, 1966. The assignment was published in the "Izvestya" newspaper of April 1, 1966. The idea to appeal to the Presidium belongs to a group of geologists headed by Academician A.L. Yanshin. The appeal was motivated by the discovery of the West Siberian oil-and-gas province. Appeals to the Supremes used to occur earlier, but the discoveries in the West Siberia dotted all i's and crossed all t's with the matter. Kola geologists greatly contributed to the mineralogical treasury of the country and joined the Geologist's Day celebrations with all their right, endowing it with the Northern flavour. The Geological Institute KSC RAS annually celebrates the holiday in the country amidst lots of snow, when the spring is only about to come. Sometimes we are lucky with the weather, sometimes we are not, but the celebrations are always held in high spirits (photo appendix), for it opens a new geological year. Right after it the Scientific Board of the Institute starts discussing field works programs and preparing for expeditions.

In 2009 we set a new tradition of providing the Geologist's Day with a conference on cross-border cooperation. Our colleagues from the Geological Survey of Finland (R. Pietilä, M. Iljina, J. Pihlaja) and University of Helsinki (Prof. T. Rämö) took an active part in it. The conference of April 5, 2010 was under the banner of sustainable development and international cooperation. The program included 12 reports on results and perspectives of collaboration with geological organizations of Bulgaria (Cand. Sci. (Geol.-mineral.) L.M. Lyalina), India (Cand. Sci. (Geol.-mineral.) T.V. Kaulina), China (Cand. Sci. (Geol.-mineral.) Yu.N. Neradovsky), Norway (Prof. K. Kullerud, Cand. Sci. (Geol.-mineral.) D.M. Zozulya), Finland (Dr. (Tech.) F.F. Gorbatshevich, Dr. (Geol.-mineral.) A.A. Zhamaletdinov, Dr. (Tech.) V.P. Konukhin), Switzerland Dr. (Chem.) I.N. Tolstikhin) (photo appendix).

A novel focus of the current year is the geotourism (Prof. Yu.L. Voytekhovskiy, Cand. Sci. (Geol.-mineral.) V.V. Kol'ka, V.N. Petrov, I.L. Volkova). So much does its development on the Kola Peninsula arrest the interest of our Scandinavian neighbors, that the European Union can provide its financial basis - on a competitive basis, of course. Obviously, the Geological Survey of Finland and Geological Institute KSC RAS cannot miss the opportunity of making a sound social contribution to the adjacent regions development.

Unfortunately, overlapping of the Geologist's Day and Easter prevented a number of Russian and foreign colleagues from coming to our place. The reports they sent us are also presented in the volume (Dr. (Geol.-mineral.) V.I. Bogoyavlenskiy, P. Johansson, R. Pietilä, J. Pihlaja, Prof. T. Rämö, A. Heinonen, E. Heilimo, J. Halla, M. Kurhila, P. Itkonen). The conference was widely highlighted by the regional press of the "Murmansky Vestnik" and "Khibinsky Vestnik" newspapers (photo appendix). Long live traditions!

**Happy Geologist's Day, dear colleagues! I wish you successful international projects! The Earth is but subject to every geologist's study!**

Director of Geological Institute KSC RAS  
Chairman of Kola Branch of Russian Mineralogical Society  
Prof., Dr. (Geol.-mineral.)

Yu.L. Voytekhovskiy

April 5, 2010

**НАУЧНЫЕ ПРОЕКТЫ**  
**SCIENTIFIC PROJECTS**



## ТЕРМОБАРИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ГЛУБОКОПОГРУЖЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОЙ АРКТИКИ

В.И. Богоявленский

Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, vib@pgc.su

За рубежом на больших глубинах и в «нетрадиционных» комплексах пород открыты и разрабатываются сотни промышленных месторождений нефти и газа, включая крупные и уникальные. К ним относится и группа газоконденсатных месторождений Центрального грабена Северного моря (Shearwater, Elgin, Franklin и др.) в высокопористых (до 20-35 %) песчаниках юры на глубинах до 6100 м в условиях аномально высоких пластовых давлений (АВПД) и температур 197-202 °С за пределами «нефтяного окна». В Западной Арктике на акватории и суше открыты гигантские месторождения углеводородов: Штокмановское, Ленинградское, Русановское, Харасавэйское, Крузенштернское, Бованенковское (рис. 1) и др. Ю.-Карский регион, включающий п-ова Ямал и Гыдан с разделяющей их Обской губой, является уникальным нефтегазоносным бассейном в планетарном масштабе.

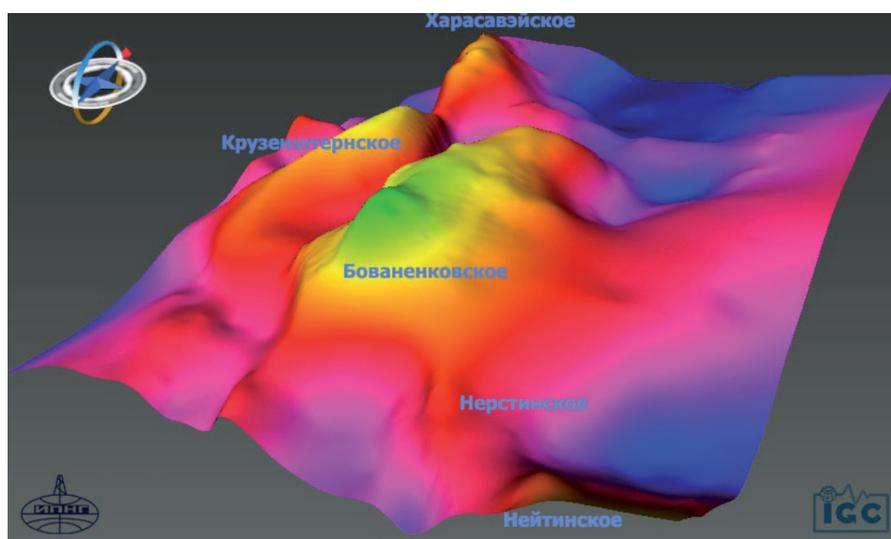


Рис. 1. Бованенковское, Харасавэйское и Крузенштернское месторождения. Кровля продуктивных отложений сеномана.

Fig. 1. The Bovanenko, Kharasavey and Kruzenshtern deposits. The top of the Cenomanian productive sediments.

В Ю.-Карском регионе основными нефтегазоносными комплексами являются отложения мела и юры. На Новопортовской и Бованенковской площадях получены значительные (до 500-600 тыс. м<sup>3</sup>/сут.) притоки газа с конденсатом из карбонатных пород палеозоя, доказавшие возможность обнаружения промышленных скоплений углеводородного сырья в отложениях нижнемезозойского и верхнепалеозойского комплексов. Породы этих комплексов залегают в широком диапазоне глубин с различными термобарическими условиями, имеют разные уровни метаморфизма и перспективы нефтегазоносности. Региональное распространение имеет АВПД.

Для основных месторождений Ю.-Карского региона изучен характер изменения коллекторских свойств терригенных резервуаров с глубиной, повсеместно доказана большая роль АВПД для сохранения промышленных ёмкостей углеводородов (Богоявленский и др., 2009). Ниже приводятся результаты для р-на Харасавэйского, Крузенштернского и Бованенковского месторождений (рис. 1), к которому приурочена самая аномальная зона Карского региона по пластовым температурам (средние градиенты 3.6-4.4 °С/100 м) и значениям АВПД. Здесь пластовые давления начинают существенно превышать гидростатические в нижнемеловых (ачимовских) отложениях начиная с глубин 1800-2000 м. На рис. 2 красным цветом показаны значения коэффициентов аномальности пластовых давлений  $K_a$  в зонах повышенных ( $K_a > 1.1$ ) и аномально высоких давлений. В ряде скважин  $K_a$  достигает 1.8-2.05 на глубинах 2200-3500 м. Кроме зоны АВПД в сводах сеноман-аптских залежей (600-1300 м) Бованенковского месторождения наблюдается закономерное повышение  $K_a$  до 1.12-1.15, связанное со стабильностью пластового давления внутри массивных газовых залежей амплитудой 120-260 м. Синим цветом показаны значения  $K_a$  в зонах пластовых давлений, близких к гидростатическим ( $K_a < 1.1$ ).

На рис. 2 приведены данные о коэффициентах открытой пористости  $K_p$  (красным цветом

даны значения Кп для зон АВПД). Видно, что за счёт АВПД происходит кардинальное изменение тренда снижения Кп с глубиной – его средние значения стабилизируются около 15 % и практически не меняются с погружением в юрском комплексе. Аналогичные зависимости со стабилизацией Кп около 15 % выявлены и на других площадях с АВПД.

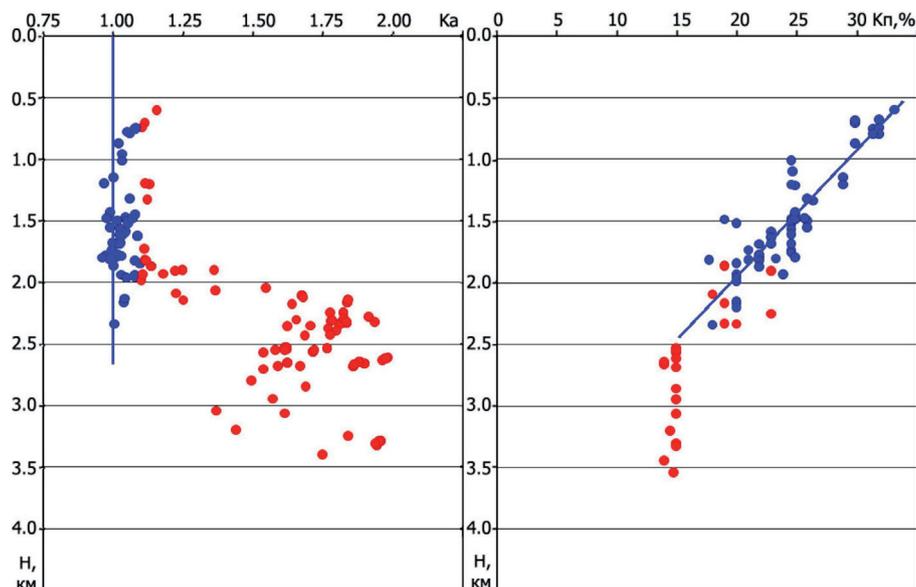


Рис. 2. Бованенковское, Харасавэйское и Крузенштернское месторождения. АВПД (Ka) и пористость (Кп).

Fig. 2. The Bovanenko, Kharasavey and Kruzenshtern deposits. AVPD (Ka) and porosity (Kп).

Для Зап.-Арктического региона нами проводится 3D моделирование термобарических условий на локальных и региональных уровнях в программном комплексе Tigress (компания «Geotrace»). Основные цели моделирования: повышение достоверности прогнозирования нефтегазоносных зон; выявление необнаруженных залежей из-за применения тяжёлых буровых растворов; прогнозирование коллекторских свойств резервуаров и залежей ниже забоя скважин; оптимизация процесса бурения и уменьшение числа аварийных скважин.

В результате моделирования выявлен ряд региональных и локальных особенностей, имеющих большое значение для понимания характера нефтегазоносности всего региона. Для Мурманского газового месторождения обосновано возможное существование залежей углеводородов ниже забоев скважин в отложениях верхнего палеозоя. Из локальных особенностей в Ю.-Карском регионе в первую очередь выделены три позитивные аномалии температур в сеноман-аптских отложениях в р-нах Харасавэй-Нейтинское, Новопортовское-Каменномысское и Уренгой-Медвежье. Наиболее высокие температуры на Нейтинско-Нерстинской площади обусловлены возможной миграцией прогретых глубинных флюидов по вертикальным разломам, доходящим в ряде мест практически до поверхности.

Бурение ФГУП НПЦ «Недра» глубоких скважин Ен-Яхинская-7 и Тюменская-6 (8250 и 7502 м) в условиях АВПД не привело к открытию промышленных залежей. Несмотря на метаморфизм пород триаса до уровня АК<sub>3</sub>, было доказано сохранение хороших резервуаров (Кп до 14-20 %) и значительное насыщение углеводородными (в основном метаном) газами практически до забоев (Горбачёв, Есипко и др., 2000, 2007). Особенно важен факт обнаружения на больших глубинах (5500-8000 м) аномальных газов с лёгким изотопным составом углерода метана  $d^{13}C \text{ } \approx -47 \text{ } \text{‰}$  на фоне закономерной тенденции его утяжеления с глубиной до  $d^{13}C = -20.5 \text{ } \text{‰}$  (Карасёва и др., 2009). Наиболее вероятным объяснением этого эффекта является термическая стабильность углеводородов в закрытых водонасыщенных системах с АВПД, приводящая к торможению процесса их деструкции с ростом температур. При этом одновременное присутствие метана с лёгким и тяжёлым изотопным составом углерода может объясняться вертикальной миграцией последнего из более метаморфизованных глубоких отложений.

Наличие в глубокопогруженных отложениях Ю.-Карского региона «углеводородного дыхания», резервуаров и покрышек свидетельствует о перспективности всего осадочного комплекса Зап. Арктики. Для развития минерально-сырьевой базы России представляются крайне важными нефтегазопроисследовательские исследования на всех доступных современному бурению глубинах в породах разного уровня метаморфизма.

## THERMOBARIC SETTINGS AND OIL-AND-GAS CONTENT OF THE WEST ARCTIC DEEP-SEATED SEDIMENTS

V.I. Bogoyavlensky

Institute for Oil and Gas Problems RAS, Moscow, vib@pgc.su

Abroad, hundreds of industrial oil and gas deposits, including large and unique ones, were discovered at great depths and in “non-traditional” sources of rocks and exploited. These include the gas condensate deposits of the Northern Sea Central graben (Shearwater, Elgin, Franklin, etc.) occurring in the highly porous (up to 20-35 %) Jurassic sands down to 6100 m under the anomalously high formation pressure (AHFP) and temperatures of 197-202° C beyond the oil window. In West Arctic, giant offshore and onshore hydrocarbon deposits, such as Shtokman, Leningrad, Rusanov, Kharasavey, Kruzenshtern, and Bovanenko (Fig. 1), etc. were discovered. The South Kara region, including the Yamal and Gydan Peninsulas with the Ob Bay, which separates them, is a world-unique oil-and-gas basin.

The major South Kara oil-and-gas-bearing complexes are the Cretaceous and Jurassic sediments. At Novoport and Bovanenko significant (up to 500-600 ths. m<sup>3</sup>/day) gas inflows with condensate have been registered to come from the Palaeozoic carbonate rocks. It supports the possibility of discovering commercial hydrocarbon accumulations in the Lower Cretaceous and Upper Palaeozoic sediments. These rocks occur at a wide range of depths and different PT settings, underwent different stages of metamorphism and are differently prospective for oil and gas. AHFP is regionally distributed.

For major South Kara deposits the variation of reservoir properties of the terrigenous pools with depth was studied. A great role of AHFP is generally confirmed for preservation of economic hydrocarbon capacity (Bogoyavlensky et al., 2009). Shown below are results for the Kharasavey, Kruzenshtern and Bovanenko fields (Fig. 1), where the most anomalous formation temperature and AHFP zone of the Kara region (mean gradients of 3.6-4.4 °C/100 m) has been observed. The formation pressure starts to significantly exceed hydrostatic values of the Lower Cretaceous (Achimov) sediments at 1800 - 2000 m. Red color at Fig. 2 indicates values 2 of formation pressure anomaly ratios ( $K_a$ ) in the zones of increased ( $K_a > 1.1$ ) and an anomalously high pressure. In some wells  $K_a$  is 1.8-2.05 at 2200-3500 m. In addition to the AHFP zone, in the domes of the Cenomanian-Aptian pools (600-1300 m) of the Bovanenko field  $K_a$  regularly rises up to 1.12-1.15, that is related to the stable formation pressure within the massive gas pools with an amplitude of 120-260 m. Blue color indicates  $K_a$  values in the zones of near-hydrostatic formation pressure ( $K_a < 1.1$ ).

Fig. 2 displays data on the open porosity coefficients ( $K_{\Pi}/K_p$ ). Red color implies  $K_p$  for the AHFP zones. It is apparent that AHFP favored fundamental variation of  $K_p$  reduction trend with depth. The  $K_p$  values stabilize at about 15 % and stay almost stable with depth in the Jurassic rock complex. Similar trends with 15 %  $K_p$  stabilization was also observed in the areas with AHFP.

We are implementing the 3D modeling of the PT settings for the West Arctic at local and regional levels using Tigress software (Geotrace Co.). The modeling is mainly aimed at enhancing the reliability of oil-and-gas-bearing zone prediction, searching for non-discovered pools due to the use of heavy mud flash, predicting reservoir properties of the rocks and pools below the well bottom, drilling process optimization and reducing the number of killed wells.

The modeling revealed a few regional and local peculiarities that help to gain an overall understanding of the oil-and-gas potential of the region. For the Murmansk gas field, possible existence of hydrocarbon pools below the well bottoms was proved for the Upper Palaeozoic sediments. Local peculiarities of the South Kara are primarily expressed in three temperature anomalies in the Cenomanian-Aptian sediments of the Kharasavey-Neitin, Novoport-Kamenny Mys and Urengoy-Medvezhy areas. The highest temperatures in Neitin-Nerstin are caused by possible migration of the heated deep-seated fluids along vertical faults that locally reach the surface.

Drilling deep wells (Yen-Yakhtinskaya-7, 8250 m, and Tyumenskaya-6, 7502 m) in the AHFP areas by FSUE RDC “Nedra” didn’t result in discovering economic pools. Regardless of the Triassic rock metamorphism up to the AHFP level, the intactness of good reservoirs ( $K_p$  up to 14-20 %) and the significant hydrocarbon gas (mainly methane) saturation almost till the well bottom was proved (Gorbachev, Esipko et al., 2000, 2007). It is particularly important that anomalous gases with the methane carbon light isotope composition,  $d^{13}C \text{ } \text{‰} -47 \text{‰}$ , were found at great depths (5500-8000 m) with the gas gradually becoming heavier with depth ( $d^{13}C = -20.5 \text{‰}$ ) (Karaseva et al., 2009). The most probable explanation of it lies in thermal hydrocarbon stability in closed water-saturated AHFP systems that slows down the process of their destruction with increasing temperatures. At the same time, the simultaneous presence of methane with light and heavy carbon isotope compositions may be accounted for by a vertical migration of carbon from the higher metamorphosed deep-seated sediments.

The presence of hydrocarbon breathing, reservoirs and cap rocks in the deep-seated sediments of the South Kara region indicates potential of the whole West Arctic sedimentary complex. Oil-and-gas explorations and related investigations at the available drilling depths and in variously metamorphosed rocks seem to be crucial for the development of the Russia’s mineral resources base.

## FENGOT И FODD – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

Ю.Л. Войтеховский<sup>1</sup>, В.В. Щипцов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, woyt@geoksc.apatity.ru

<sup>2</sup>Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, shchipts@krc.karelia.ru

23-25 марта 2010 г. в г. Эспоо, Финляндия, прошли рабочие совещания по проектам FENGOT (Fennoscandian Gold Transsect) и FODD (Fennoscandian Ore Deposit Database and Metallogenic Map), в которых приняли участие делегации из Финляндии, Швеции, Норвегии и России. Принимающая сторона – Геологическая служба Финляндии (ГТК). Важность мероприятия была отмечена приветствием генерального директора ГТК проф. Э. Экдала. Российская делегация в составе директоров ИГД, ИГ КарНЦ, ГИ КНЦ РАН и компании «Минерал» была принята отдельно. Совещания прошли под председательством и с участием директоров ГТК по научным проектам проф. П. Нурми (FENGOT) и проф. К. Ненонена (FODD).

По проекту FENGOT заслушаны отчёты стран-участниц, обсуждены общие подходы к формированию тектонической (террейновой) основы базы данных, классификации минералообразующих процессов и фаций метаморфизма. Дискуссию вызвали следующие вопросы: что считать структурами корового масштаба, по каким признакам ранжировать месторождения, какие причины приводят к крупным месторождениям, какие рудные объекты считать достойными включения в базу данных, как коррелировать главные shear-зоны, как датировать этапы активизации этих зон, следует ли отделять зоны метасоматоза от зон метаморфизма, какие признаки мантийных процессов могут указывать на оруденение и т.д. Подробно была рассмотрена генетическая классификация золоторудных месторождений. Отмечено, что в палеопротерозое северной Фенноскандии преобладают типы «orogenic» (12 достоверных + 13 предполагаемых) и «iron oxide – copper – gold» (31 + 11). Одним из авторов (Ю.В.) сделан доклад о новых рудопроявлениях золота на Кольском п-ове.



По проекту FODD обсуждена фактологическая основа базы данных в части промышленных минералов. Согласно международной классификации к таковым относятся: барит, бокситы, бораты, гипс, глины всех видов, гранаты абразивные, графит, диатомиты, известняки, кианит и др. минералы группы силлиманита, магнезит, полевошпатовое керамическое сырьё, слюды различного состава, стекольные пески различного назначения, тальк, флюорит и др. виды сырья, относимого в нашей систематике не только к нерудному, но и к рудному, например, длинный список минералов редких и редкоземельных элементов. Геологические организации, ведущие исследования в Карело-Кольском регионе, должны быть заинтересованы в проекте. Сведения по золоторудным объектам, содержащиеся в базе данных FENGOT, будут включены в базу данных FODD. Формирование базы данных по промышленным минералам будет выполнено главным образом Геологическим институтом КНЦ и



преобладают типы «orogenic» (12 достоверных + 13 предполагаемых) и «iron oxide – copper – gold» (31 + 11). Одним из авторов (Ю.В.) сделан доклад о новых рудопроявлениях золота на Кольском п-ове.

По проекту FODD обсуждена фактологическая основа базы данных в части промышленных минералов. Согласно международной классификации к таковым относятся: барит, бокситы, бораты, гипс, глины всех видов, гранаты абразивные, графит, диатомиты, известняки, кианит и др. минералы группы силлиманита, магнезит, полевошпатовое керамическое сырьё, слюды различного состава, стекольные пески различного назначения, тальк, флюорит и др. виды сырья, относимого в нашей систематике не только к нерудному, но и к рудному, например, длинный список минералов редких и редкоземельных элементов. Геологические организации, ведущие исследования в Карело-Кольском регионе, должны быть заинтересованы в проекте. Сведения по золоторудным объектам, содержащиеся в базе данных FENGOT, будут включены в базу данных FODD. Формирование базы данных по промышленным минералам будет выполнено главным образом Геологическим институтом КНЦ и



Институтом геологии КарНЦ РАН. Авторами (В.Ш., Ю.В.) сделан доклад об индустриальных минералах Карело-Кольского региона. Особый интерес скандинавских коллег вызвала информация о месторождениях высокоглинозёмистого сырья Кольского п-ова, Карелии и Урала, изучаемых в рамках специальной программы Президиума РАН институтами КНЦ, КарНЦ и УрО РАН.

На фото: рабочие моменты заседаний по проектам FENGOT и FODD; золотой самородок р-на Инари, кианит Б. Кейв из минералогического музея GTK.

## **FENGOT И FODD – PROMISING PROJECTS OF INTERNATIONAL COLLABORATION**

**Yu.L. Voytekhovskiy<sup>1</sup>, V.V. Shchiptsov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Geological Institute KSC RAS, Apatity, [woyt@geoksc.apatity.ru](mailto:woyt@geoksc.apatity.ru)

<sup>2</sup> Institute of Geology KarSC RAS, Petrozavodsk, [shchipts@krc.karelia.ru](mailto:shchipts@krc.karelia.ru)

On March 23-25, 2010 the Espoo city, Finland, hosted workshops on FENGOT (Fennoscandian Gold Transsect) and FODD (Fennoscandian Ore Deposit Database and Metallogenic Map) projects, where delegations of Finland, Sweden, Norway and Russia partook in. The host party was the Geological Survey of Finland (GTK). The importance of the meeting was marked with greeting by Director of GTK Prof. E. Ekdahl. The Russian delegation in the person of directors of the Institute of Precambrian Geology and Geochronology, Institute of Geology of Karelian Science Centre, Geological Institute of Kola Science Centre RAS and “Mineral” company enjoyed the private meeting. Workshops were headed and carried out by GTK directors on scientific projects Prof. P. Nurmi (FENGOT) and Prof. K. Nenonen (FODD).

Four partner countries presented reports on FENGOT project. General approaches to elaborating the tectonic (terrain) basics for the data base and taxonomy of mineral-forming processes and metamorphism facies were discussed. The questions to follow raised a debate: what should be considered structures of the crust scale, what are the principles to range deposits according to and reasons for great deposits to form, what ore objects are worth of including in the data base, how to correlate major shear-zones, how to date stages of these zones’ activity, whether we should differentiate metasomatism zone and metamorphism zone or not, what feature of the mantle processes may indicate mineralization, etc. Thoroughly studied was the genetic taxonomy of ore deposits. It was noted, that “orogenic” (12 actual + 13 prospective) and “iron oxide – copper – gold” (31 + 11) types dominate in the Palaeoproterozoic Northern Fennoscandia. One of the authors (Yu.V.) made a report on new gold occurrences on the Kola Peninsula.

So far FODD project was concerned, fact basis for the data base on industrial minerals was discussed. According to the international classification, these are barite, bauxites, borates, gypsum, clays of all types, abrasive garnets, graphite, diatomites, limestones, kyanite and other minerals of the sillimanite group, magnesite, feldspar ceramic raw materials, micas of various composition, glass sands of different purposes, talk, fluorite and other types of raw materials that are not only ore, but non-ore ones as well in the current taxonomy, i.e. a long list of minerals of rare and rare Earth elements. Geological organizations carrying out research in the Karelian-Kola region must be interested in the project. The data on gold-bearing objects from the FENGOT data base shall be included in the FODD data base. Compiling the data base on industrial minerals will be majorly executed by the Geological Institute KSC and Institute of Geology of KarSC RAS. The authors (V. Shch., Yu.V.) presented a report on industrial minerals of the Karelian-Kola region. The Scandinavian colleagues were particularly interested in the data on high-alumina raw materials of the Kola Peninsula, Karelia and Ural that are being studied in the framework of the special program of the Presidium of RAS and institutes of KSC, KarSC and Ural Department of RAS.

Photo: some glimpses at the working process of the meetings on FENGOT and FODD projects; gold nugget from the Inari area, the Bol’shiye Keyvy kyanite from the mineralogical museum of GTK.

## УПРУГО-АНИЗОТРОПНЫЕ СВОЙСТВА ПОРОД В РАЗРЕЗЕ ФИНСКОЙ СКВАЖИНЫ ОУТОКУМПУ (ОКУ)

Ф.Ф. Горбацевич, М.В. Ковалевский, О.М Тришина  
Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, gorich@geoksc.apatity.ru

В январе 2005 г. в ЮВ Финляндии рядом с отработанным полиметаллическим месторождением Оутокумпу закончено бурение исследовательской скважины, достигшей глубины 2516 м (рис. 1). Геологическая служба Финляндии обратилась к Геологическому институту КНЦ РАН с предложением принять участие в изучении образцов керна.



Рис. 1. Расположение исследовательской скважины Оутокумпу в Финляндии (слева) и буровой станок, последняя глубина – 2516 м (Оутокумпу, июль 2004).

Fig. 1. Location of the Outokumpu research borehole in Finland (left) and the drilling rig, final depth is 2516 m (Outokumpu, July 2004).

Верхняя часть разреза, примерно до глубины 1310 м, сложена слюдястыми сланцами с редкими прослоями биотитовых гнейсов [4]. Интервал 1310-1515 м сложен чередованием чёрных сланцев, биотитовых гнейсов, серпентинитов и диопсид-тремолитовых скарнов. Ниже 1515 м залегают слюдястые сланцы с редкими прослоями чёрных сланцев, пересечённые жилами кварца. Ниже 1655 м слюдястые сланцы перемежаются с интервалами гранитных пегматитов и биотитовых гнейсов. Гранитные пегматиты, гранат-биотитовые гнейсы и биотит-силиманитовые сланцы слагают нижнюю часть разреза. На первом этапе исследований изготовлены шлифы 43 образцов. Структуры типичных пород показаны на рис. 2. Для всех образцов определены вид горной породы, структура, текстура, минеральный состав и плотность  $\rho$  (методом Архимеда).

Выполнена акустополарископия образцов. Метод акустополарископии предназначен для изучения упругих и неупругих свойств преимущественно анизотропных твёрдых сред [2]. Он позволяет определить наличие упругой анизотропии, число и пространственную направленность элементов симметрии, тип симметрии и величины констант упругости. Метод апробирован на средах поперечно-изотропной, ромбической и других видов симметрии. Принципиальная схема наблюдений по этому методу не отличается от схемы, применяемой при поляризационных наблюдениях в оптике [1]. Акустополариграммы образцов ODB-153\_20, 599\_00, 1101\_30, 1414\_75, 1488\_65, 1893\_80, 2155\_15 и 2297\_25 даны на рис. 3. На образцах ОКУ часто регистрируется эффект линейной акустической анизотропии поглощения (ЛААП). Среди образцов из нижней части разреза наблюдается эффект деполаризации сдвиговых волн (ДСВ). Ранее эти эффекты обнаружены на образцах пород из Кольской сверхглубокой скважины СГ-3 [3].

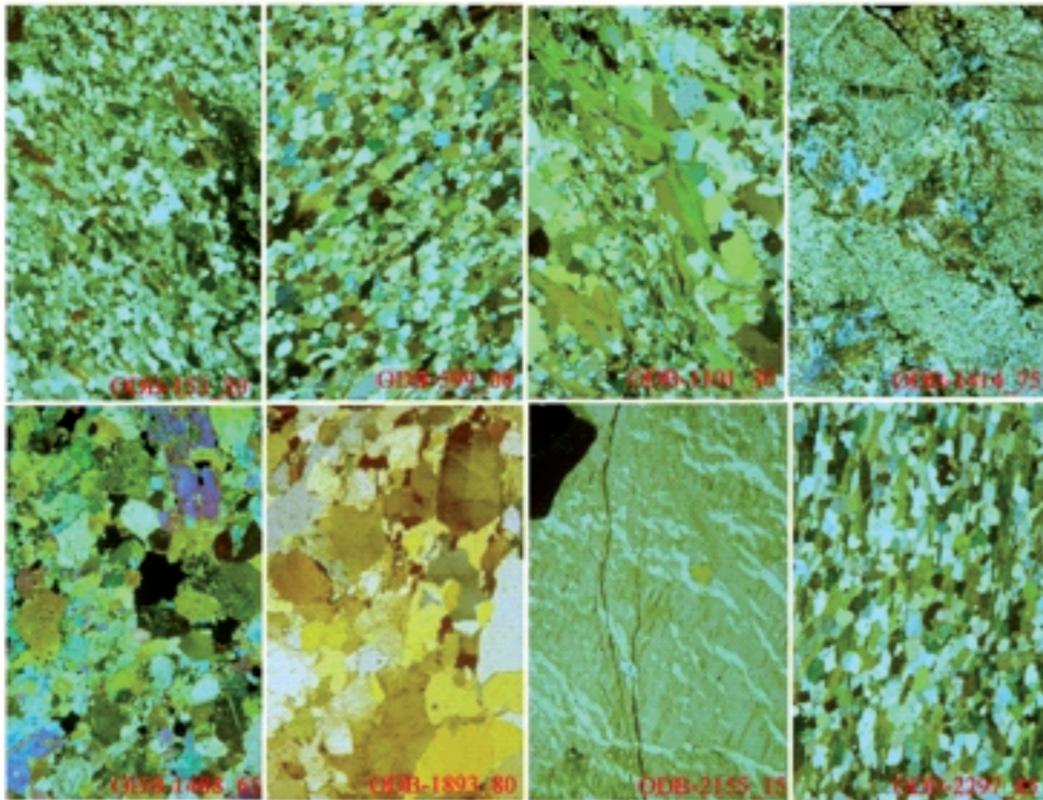


Рис. 2. Структуры типичных пород из скв. Оутокумпу (ОКУ). Размер каждого шлифа  $15 \times 25$  мм. Верхний ряд: обр. ODB-153\_20, 599\_00, 1101\_30, 1414\_75, нижний ряд: обр. ODB-1488\_65, 1893\_80, 2155\_15, 2297\_25.

Fig. 2. Textures of typical rocks from the Outokumpu (OKU) borehole. The size of each section is  $15 \times 25$  mm. The upper row: samples ODB-153\_20, 599\_00, 1101\_30, 1414\_75; bottom: ODB-1488\_65, 1893\_80, 2155\_15, 2297\_25.

На последнем этапе измерений определены скорости распространения продольных и поперечных колебаний, степень проявления D эффекта ЛААП, проекции элементов симметрии по отношению к граням образца, рассчитаны показатели упругой анизотропии пород  $A_p$ ,  $B_s$ .

По данным измерений рассчитаны зависимости скоростей распространения продольных  $V_p(e)$ ,  $V_p(p)$  и поперечных  $V_s(e)$ ,  $V_s(p)$  волн от глубины  $H$  (рис. 4). Величины  $V_p(e)$ ,  $V_s(e)$  измерены на образцах,  $V_p(p)$ ,  $V_s(p)$  – рассчитаны по минеральному составу пород. Если  $V_p(p)$ ,  $V_s(p)$  не показывают какой-либо зависимости от глубины отбора образца, то  $V_p(e)$ ,  $V_s(e)$  демонстрируют общую тенденцию уменьшения с глубиной. Тренды близки к линейным, что говорит об эффекте разуплотнения образцов при освобождении от литостатических напряжений. Ранее он был зарегистрирован на образцах из скважины СГ-3 [3].

Сводные зависимости показателей анизотропии  $A_p$ ,  $B_s$  и плотности  $\rho$  от глубины  $H$  даны на рис. 4. Там же показан график изменений угла  $\Delta$  отклонения скважины от вертикали. Результаты позволяют заключить, что плотность пород почти не изменяется с глубиной. Лишь на глубинах 1310 и 1480 м наблюдаются резкие увеличения  $\rho$  из-за присутствия в породах рудных и темноцветных минералов. Судя по величинам  $A_p$ ,  $B_s$ , наиболее анизотропные породы залегают на глубинах 900, 1460 и в интервале 1650-2300 м. Поскольку в метаморфических породах упругая анизотропия, как правило, отражает характер палеонапряжений, можно считать, что наиболее значимые палеогеодинамические события в разрезе скважины ОКУ происходили именно на указанных глубинах.

Сравнение тенденций изменения  $A_p$ ,  $B_s$  и  $\Delta$  обнаруживает связь между ними. До глубины 1100 м, когда анизотропия высока, угол  $\Delta$  заметно растёт. На глубинах 1100-1300 м  $A_p$ ,  $B_s$  и  $\Delta$  снижаются. От 1550 м и ниже эти показатели растут. Подобное влияние анизотропии пород на отклонения скважины отмечено в процессе бурения СГ-3 [3]. Таким же образом упругая анизотропия пород оказывает влияние на технологические параметры бурения скважины ОКУ.

В 2010-2012 гг. сотрудничество Геологического института КНЦ РАН и Геологической службы Финляндии будет развиваться в рамках нового проекта «Бурение вблизи постгляционных разломов Фенноскандии».

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 10-05-00082-а.

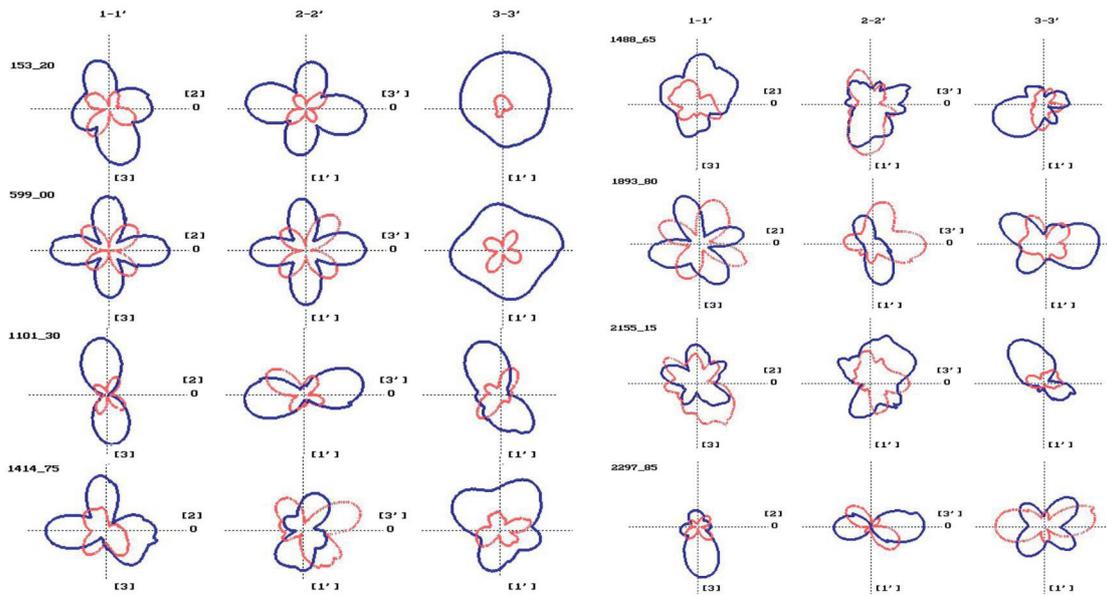


Рис. 3. Акустополяриграммы образцов из скв. Оутокумпу.  
Fig. 3. Acoustopolarigrams of samples from the Outokumpu borehole.

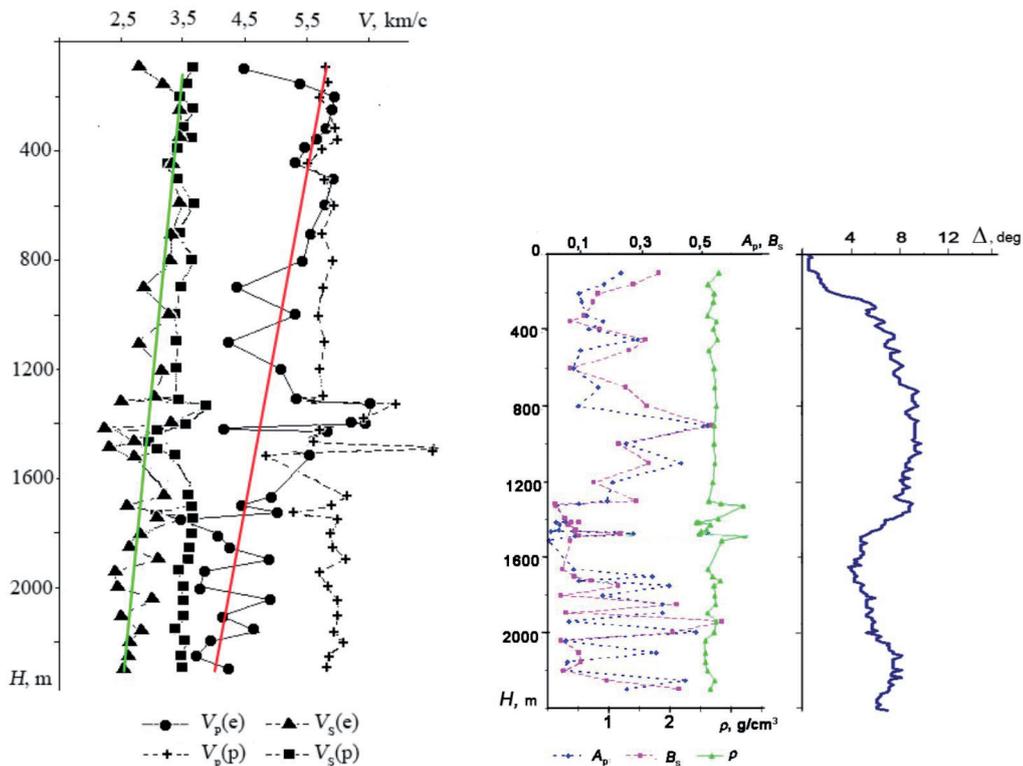


Рис. 4. Зависимости скоростей распространения продольных  $V_p(e)$ ,  $V_p(p)$  и поперечных  $V_s(e)$ ,  $V_s(p)$  волн от глубины  $H$ . Красная линия для  $V_p(e)$ , зелёная – для  $V_s(e)$  (слева); зависимости показателей анизотропии  $A_p$ ,  $B_s$  и плотности  $\rho$  от глубины  $H$  (справа).

Fig. 4. Depth dependences of longitudinal  $V_p(e)$ ,  $V_p(p)$  and transverse  $V_s(e)$ ,  $V_s(p)$  waves of depth  $H$ . Red line -  $V_p(e)$ , green line -  $V_s(e)$  (left); dependences of anisotropy  $A_p$ ,  $B_s$  and density  $\rho$  values of depth  $H$  (right).

1. Волкова Е.А. Поляризационные измерения. – М.: Изд-во Стандартов, 1974. 156 с.
2. Горбачевич Ф.Ф. Акустополяризация горных пород. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1995. 204 с.
3. Строение литосферы российской части Баренц-региона / Ред. Н.В. Шаров, Ф.П. Митрофанов, М.Л. Верба, К. Гиллен. – Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2005. 318 с.
4. Kukkonen I.T., et al. Outokumpu deep drilling project – Introduction to Geology and Geophysics of the Deep Hole and Research Within the Project: 3<sup>rd</sup> Int. Workshop. Espoo, Finland, Nov. 12-13, 2009. Rep. Q10.2/2009/61 // Geol. Surv. Finland. 2009. P 11-16.

## ELASTIC AND ANISOTROPIC PROPERTIES OF ROCKS IN THE SECTION OF THE FINNISH OUTOKUMPU (OKU) BOREHOLE

F.F. Gorbatsevich, M.V. Kovalevsky, O.M. Trishina  
Geological Institute KSC RAS, Apatity, gorich@geoksc.apatity.ru

January 2005 saw the research borehole drilling finished in South-West Finland near the worked out complex ore deposit. The borehole reached the depth of 2516 m (Fig. 1). The Geological Survey of Finland suggested the Geological Institute KSC RAS taking part in studying the core samples.

The upper part of the section, which depth is about 1310 m, is composed of mica schists with rare interlayers of biotite gneisses [4]. The 1310-1515 m interval is composed of interchanging black schists, biotite gneisses, serpentinites and diopside-tremolite skarns. Mica schists with rare interlayers of black schists intersected by veins of quartz are below 1515 m. Mica schists interchange with intervals of granite pegmatites and biotite gneisses below 1655 m. Granite pegmatites, garnet-biotite gneisses and biotite-silimanite schists compose the lower part of the section. On the first research stage sections of 43 samples were made. Structures of typical rocks are shown on Fig. 2. The type of the rock, its texture, structure, mineralogical composition and density  $\rho$  (using the Archimedean method) were defined for all rocks.

The acoustopolariscopy of all the samples was done. This method is applied to study elastic and non-elastic properties of anisotropic solid media mostly [2]. It allows defining the presence of the elastic anisotropy, number and space orientation of the symmetry elements, symmetry type and elasticity constants. The method was tested on media of cross-isotropic, rhombic and other types of symmetry. The principle scheme of observations according to this method is similar to the scheme applied in polarization observations in optics [1]. Acoustopolarigrams of the samples ODB-153\_20, 599\_00, 1101\_30, 1414\_75, 1488\_65, 1893\_80, 2155\_15 and 2297\_25 are shown on Fig. 3. The OKU samples often reveal the linear acoustic anisotropy absorption effect (LAAA). Some samples of the lower part reveal the depolarization of shear-waves effect. These effects were earlier defined for the Kola Superdeep Borehole SD-3 [3].

On the final research stage velocities of longitudinal and transverse waves, value D of LAAA effect, projection of the symmetry elements regarding facets of a sample are defined and values of the elastic rocks anisotropy  $A_p$ ,  $B_s$  were calculated.

Relying on the the measurements data, dependencies of distribution velocities of longitudinal  $V_p(e)$ ,  $V_p(p)$  and transverse  $V_s(e)$ ,  $V_s(p)$  waves of depth H were calculated (Fig. 4).  $V_p(e)$ ,  $V_s(e)$  are measured on the samples,  $V_p(p)$ ,  $V_s(p)$  are calculated considering the mineral composition of the rocks. If  $V_p(p)$ ,  $V_s(p)$  do not reveal any dependence of the depth, where the samples were taken from,  $V_p(e)$ ,  $V_s(e)$  manifest the general tendency of decreasing with depth. The trends are close to linear ones, which testifies to the effect of the samples decompressing when out of the litostatic tension. It was earlier registered for the SD-3 samples [3].

Fig. 4 shows combined anisotropy  $A_p$ ,  $B_s$  and density  $\rho$  dependences of depth H. There one can see the scheme of the angle ( $\Delta$ ) of inclination from the vertical. The results allow concluding that the density of the rocks almost does not change with depth. It is only at the depths of 1310 and 1480 m that we observe a dramatical increase of  $\rho$  due to the rocks having no ore and dark colour minerals. Judging by the values of  $A_p$ ,  $B_s$ , the most anisotropic rocks are at the depths of 900, 1460 m and at the interval of 1650-2300 m. Since the elastic anisotropy in the metamorphosed rocks commonly reflects the characteristic features of tensions, we may believe that major palaeodynamical events in the OKU borehole section occurred at those very depths.

The analysis of the tendencies for changes in  $A_p$ ,  $B_s$  and  $\Delta$  reveals their interrelation. Up to the depth of 1100 m, when the anisotropy is high, the angle  $\Delta$  grows significantly. At the depths of 1100-1300 m  $A_p$ ,  $B_s$  and  $\Delta$  decrease. At the depth of 1550 m and lower these values grow. Such influence of the rocks anisotropy on the borehole deviation took place in the process of the SD-3 drilling [3]. Similarly, the elastic rocks anisotropy influences technological parameters of the OKU borehole drilling.

In 2010-2012 the Geological Institute KSC RAS and Geological Survey of Finland will proceed with their collaboration in the framework of the new project "Drilling near postglacial faults of Fennoscandia".

The research was carried out under the financial maintenance of RFBR, grant № 10-05-00082-a.

## ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ И РЕОЛОГИИ ФЕННОСКАНДИНАВСКОЙ ЛИТОСФЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

А.А. Жамалетдинов<sup>1</sup>, А.Н. Шевцов<sup>1</sup>, Б.В. Ефимов<sup>2</sup>, П. Кайкконен<sup>3</sup>, Т. Корья<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, Россия, abd.zham@mail.ru

<sup>2</sup>Центр физико-технических проблем энергетики Севера КНЦ РАН, Апатиты, Россия

<sup>3</sup>Университет Оулу, Финляндия

Ярким примером успешного российско-финского сотрудничества в области электромагнитных исследований с использованием контролируемых источников питания стал эксперимент по глубинному зондированию с помощью магнито-гидродинамического генератора «Хибины» мощностью 80 МВт. Он проводился 30 лет назад в рамках проекта № 13 сотрудничества российской и финской академий наук [3]. В настоящее время целесообразно осуществлять сотрудничество по трём новым направлениям:

1. эксперимент «FENICS-2012» для изучения электропроводности литосферы на глубине до 50-70 км в северной и центральной Финляндии и Кольско-Карельском регионе с использованием промышленных линий передач и генератора «Энергия-2» мощностью 200 кВт в диапазоне 0.1-200 Гц;

2. эксперимент по частотному зондированию магнитотеллурическим методом на звуковых частотах с управляемым источником верхней коры на глубине до 10 км с использованием машинного генератора мощностью 30 кВт в диапазоне 1-2000 Гц;

3. изучение реологии литосферы Фенноскандии на основе результатов глубинного электромагнитного зондирования с применением теории, разработанной в [4].

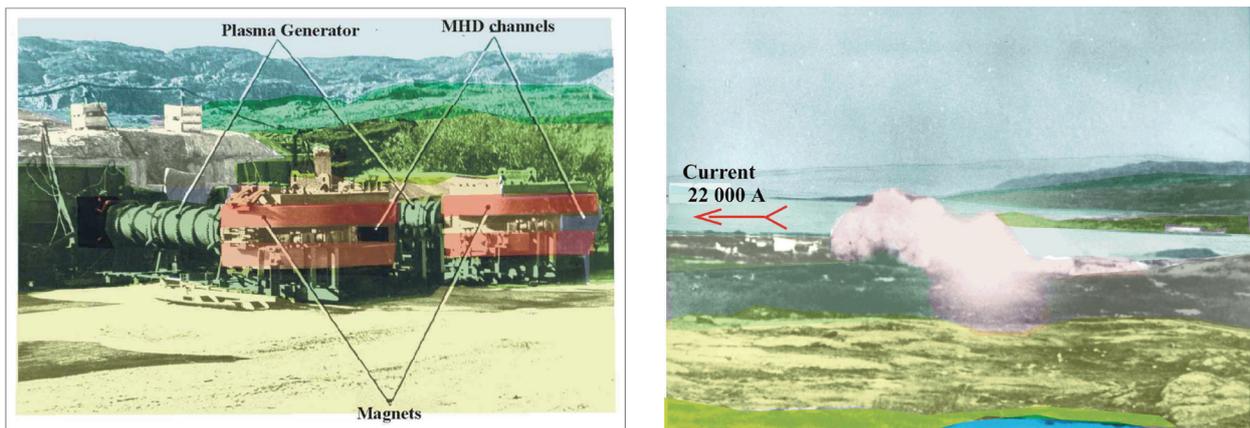


Рис. 1. Магнито-гидродинамический генератор «Хибины» (слева), запуск генератора (справа).

Fig. 1. MHD-generator «Khibiny» (left) and its starting (right).

Остановимся подробнее на предложенных направлениях.

1. Предлагается продолжить электромагнитные исследования по международному проекту «FENICS» («Fennoscandian electrical conductivity from soundings with natural and controlled sources», «and» произносится по-русски как «и» – А.А.) [1]. В рамках эксперимента проводится глубинное тензорное электромагнитное зондирование литосферы Фенноскандинавского (Балтийского) щита с использованием двух взаимно ортогональных передатчиков – линий электропередач L1 и L2, установленных с востока на запад и с севера на юг на расстоянии 109 и 120 км соответственно (рис. 2). Генератор мощностью 200 кВт подаёт синусоидальный ток на промышленные линии, частотный диапазон генератора «Энергия-2» – 0.1÷200 Гц.

До настоящего времени проведено два эксперимента «FENICS» (2007, 2009). Исследовательская команда Университета Оулу принимала участие в эксперименте «FENICS-2007». Измерительная станция Оулу расположена на расстоянии 450 км от передатчика. Положение передатчиков и приёмников в эксперименте «FENICS-2007» показано на рис. 2. Данные по зондированию с использованием контролируемых источников указывают на то, что глубинный электрический разрез литосферы на СВ Фенноскандии характеризуется менее или более горизонтально однородной структурой и высокими значениями удельного сопротивления в диапазоне глубины от 10-15 до 50-70 км. Поперечная сопротивляемость «нормального» электрического разреза составляет примерно  $10^{10}$  ом·м<sup>2</sup>.

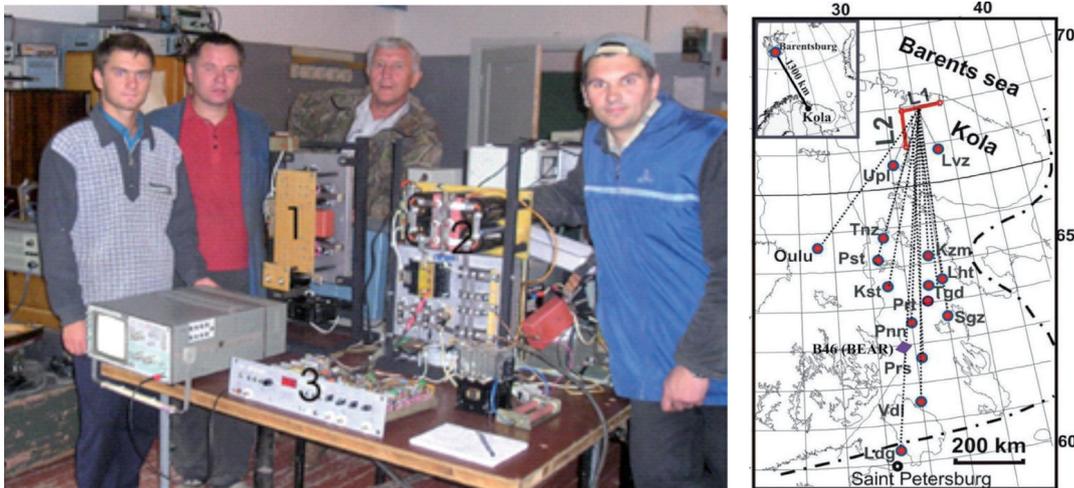


Рис. 2. Слева: творческий коллектив у макета генератора «Энергия-1» (слева направо): В. Колобов, П. Прокопчук, А. Жамалетдинов и М. Баранник. Цифрами обозначены: 1 – инвертор, 2 – выпрямитель, 3 – блок управления СУРЗА. Справа: результаты зондирования с помощью магнито-гидродинамического генератора на Кольском п-ове: а – схема изолиний электрического поля, генератор «Хибины»; б – электропроводность земной коры по данным зондирования. Справа: положение передающих линий (широтная L1 и меридиональная L2; красные сплошные линии) и приёмников (красные кружки и обозначением «Pnn» и др.). На врезке – положение Баренцбурга на Шпицбергене.

Fig. 2. Left: the research team near the “Energy-1” generator model (from left to right): V. Kolobov, P. Prokopchuk, A. Zhamaletdinov, M. Barannik. Figures indicate: 1 – inverter, 2 – rectifier, 3 – controller. Right: location of transmitting power lines (latitudinal L1 and meridional L2; red solid lines) and receivers (red circles signed “Pnn”, etc.). Small map shows the location of Barentsburg in Spitsbergen.

Одним из важнейших результатов эксперимента «FENICS-2007» стало обнаружение в СЗ части Карельского террейна в России и северной Финляндии аномального уменьшения поперечной сопротивляемости средней коры до  $10^9$  ом·м<sup>2</sup> (рис. 3а). На рис. 3б положение Т-аномалии сопоставлено с картой электропроводности коры на диапазоне глубин от 0 до 60 км [2], на рис. 3с – с обобщённой геологической картой области исследования (Глазнев, 2003). Но нет согласия карты Т-аномалии с картой проводимости коры и поверхностной геологией. С другой стороны, форма Т-аномалии соответствует форме аномалии Мохо (рис. 3д) по сейсмическим данным для центральной Финляндии (Павленкова, 2006). Контуры Т-аномалии ограничиваются СВ частью сейсмической аномалии, в которой граница Мохо погружается на глубину 60 км от «нормальной» глубины в 37-40 км. Для детальной интерпретации сейсмических и геоэлектрических данных нужно провести дополнительные измерения с передатчиком FENICS.

По этому направлению целесообразно провести российско-финский эксперимент «FENICS-2012» по тензорному частотному зондированию для изучения глубинной электропроводности литосферы восточной части Фенноскандии на расстоянии до 700-800 км от источника и на глубине до 50-70 км. Основной упор должен быть на исследовании корреляции электромагнитных и сейсмических аномалий (рис. 3).

2. По второму направлению предлагается выполнить российско-финский эксперимент по тензорному частотному зондированию с использованием машинного генератора «Энергия-3» третьего поколения для изучения промежуточного слоя проводимости дилатантно-диффузионной природы («слой DD») на примере гранитного массива Рованиеми в северной Финляндии. Подобный эксперимент успешно проведён в 1997 г. в гранитоидном массиве центральной Финляндии [2]. За прошедшие 13 лет технология частотного зондирования существенно усовершенствовалась. Генератор третьего поколения представляет собой машинный генератор с двойным источником мощностью 30 кВт, способный создать электромагнитные поля поляризации вращения с использованием двух взаимно перпендикулярных заземлённых линий электропередач. Предлагается изучить электропроводность верхней коры на расстояниях до 70-80 км между передатчиком и приёмником и на глубине до 10 км. Основной акцент следует сделать на исследовании структуры промежуточного проводимого слоя в верхней коре с использованием комплексных методик зондирования CSAMT и AMT (магнитотеллурический метод на звуковых частотах с управляемым источником и без него). Предлагаемое начало эксперимента – лето 2013 г.

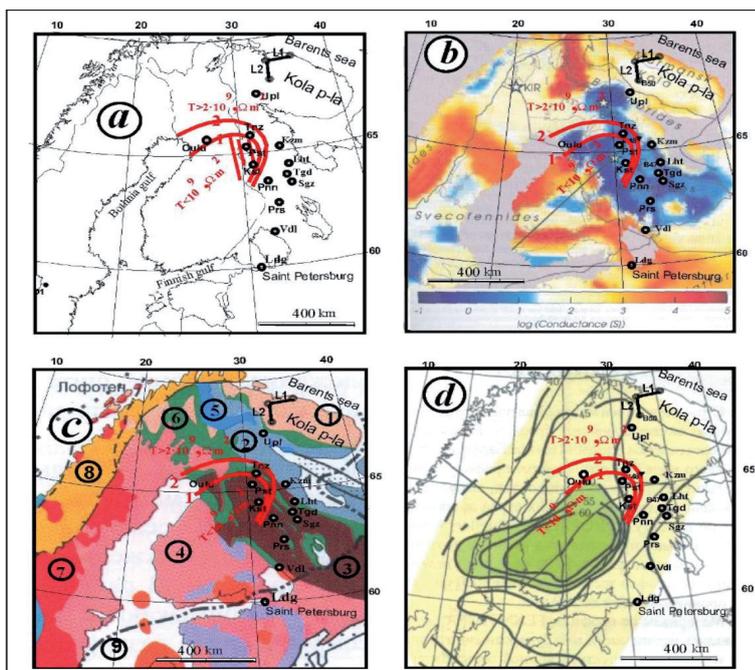


Рис. 3. Комплексная интерпретация данных эксперимента «FENICS-2007».

a – карта изолиний (красные линии) сечущего электрического сопротивления в коре  $T$  в ом·м<sup>2</sup>; b – проводимость  $S$  (Сименс) коры, 0-60 км [2]; c – упрощённая геологическая карта (Глазнев, 2003). 1÷3 – комплексы AR (1 – Кольский, 2 – Беломорский, 3 – Карельский), 4 – Свеккофеннский PR комплекс, 5 – Лапландский гранулитовый пояс, 6 – вулканогенно-осадочный комплекс, 7 – гранитоиды, 8 – каледониды, 9 – южная граница Свеккофеннского щита; d – изолинии границы Мохо на глубине (км) по сейсмическим данным (Павленкова, 2006).

Fig. 3. Complex data interpretation of the FENICS-2007 experiment.

a - the map of isolines (red lines) of the crustal transversal electrical resistance  $T$  in  $W \cdot m^2$ ; b - conductivity  $S$  (Siemens) of the crust (0-60 km) [2]; c - simplified geological map (Glaznev, 2003).

1÷3 – Archaean complexes (1 – Kola, 2 – White Sea, 3 - Karelian), 4 – Svecofennian Proterozoic complex, 5 – Lapland Granulite Belt, 6 – volcanogenic-sedimentary complex, 7 – granitoids, 8 – caledonides, 9 – southern border of the Svecofennian Shield; d – isolines of the Moho depth (km) according to seismic data (Pavlenkova, 2006).

3. Третье направление исследования основано на возможности изучения реологии глубинной литосферы по её электрическому разрезу в комплексе с другими геофизическими данными. Теория разработана в [4]. Значение исследования зависит от стабильности инвертированных результатов глубинного электромагнитного зондирования. Эксперименты «FENICS-2007» и «FENICS-2009», в ходе которых была достигнута регистрация стабильных сигналов на расстоянии до 1300 км (Шпицберген) и 2150 км (Украина), открыли новые перспективы исследований в этом направлении [1].

1. Жамалетдинов А.А., Шевцов А.Н., Короткова Т.Г. и др. Международный эксперимент «FENICS» по тензорному частотному электромагнитному зондированию литосферы восточной части Балтийского (Фенноскандинавского) щита // Докл. АН. 2009. Т. 427. № 3. С. 388-393.

2. Жамалетдинов А.А., Шевцов А.Н., Токарев А.Д. и др. Электромагнитное частотное зондирование земной коры центрально-финского комплекса гранитоидов // Физика Земли. 2002. № 11. С. 54-68.

3. Hjelt S.-E., Vanyan L.L. (Eds). Geoelectrical models of the Baltic Shield. Rep. N 16. Oulu: University of Oulu, Dep. Geophys. 1989. 249 p.

4. Kaikkonen P., Moision K., Heeremans M. Thermomechanical lithospheric structure of the central Fennoscandian Shield // Phys. Earth and Planet. Int. 2000. N 119. P 209-235.

## THE STUDY OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND RHEOLOGY OF THE FENNOSCANDIAN LITHOSPHERE WITH CONTROLLED POWER SOURCES

A.A. Zhamaletdinov<sup>1</sup>, A.N. Shevtsov<sup>1</sup>, B.V. Efimov<sup>2</sup>, P. Kaikkonen<sup>3</sup>, T. Korja<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Geological Institute KSC RAS, Apatity, Russia, abd.zham@mail.ru

<sup>2</sup> Centre for Physical and Technological Problems of Energy in Northern Areas KSC RAS, Apatity, Russia

<sup>3</sup> Oulu University, Finland

A bright example of the Russian-Finnish successful cooperation in the electromagnetic research with controlled power sources proved the experiment on the deep sounding with of the 80 MW power magneto-hydrodynamic generator “Khibiny”. The experiment was carried out 30 years ago in the framework of Project 13 of Russian and Finnish Academies of Sciences cooperation [3]. Currently the three new lines of collaboration as follows seem worthy promoting:

1. experiment "FENICS-2012" aimed at studying the lithosphere electrical conductivity at the depth of 50-70 km in Northern and Central Finland and Kola-Karelian region using industrial power lines and the "Energy-2" generator of 200 kW power in 0.1-200 Hz frequency range;

2. experiment on CSAMT frequency sounding of the upper crust at the depth up to 10 km using a car generator of 30 kW power in 1-2000 Hz frequency range;

3. studying the Fennoscandian lithosphere rheology on the basis of deep electromagnetic sounding results in complex with the theory developed in [4].

Below is a detail review of the suggested ways of cooperation.

1. We suggest proceeding with the EM research in the framework of the "FENICS" international project ("Fennoscandian electrical conductivity from soundings with natural  $i$  (and) controlled sources", word "and" is spelled in Russian like "и" – A.A.) [1] The experiment provided the deep tensor electromagnetic sounding of the Fennoscandian (Baltic) lithosphere with two mutually orthogonal transmitters. These were the L1 and L2 industrial power lines installed in the east to west and north to south directions on the distance of 109 and 120 km respectively (Fig. 2). The location of the L1 and L2 transmitting lines is shown on Fig. 2. The "Energy-2" generator of 200 kW power supplies sinusoidal current into industrial lines in 0.1-200 Hz frequency range.

There were two "FENICS" experiments in 2007 and 2009. The Oulu University research team took part in "FENICS-2007". The Oulu Measuring Station was located at the distance of 450 km from the transmitter. Fig. 2 shows location of transmitters and receivers in the "FENICS-2007" experiment. Data on controlled source soundings indicate the deep electrical section of lithosphere in the northeastern Fennoscandia having a more or less horizontally homogeneous structure and high specific resistance at the depth of 10-15 to 50-70 km. The transversal resistance of an "average" electrical section is about  $10^{10} \Omega \cdot \text{m}^2$ .

One of the main results of the "FENICS-2007" experiment is the anomalous decrease of the middle crustal transversal resistance up to  $10^9 \Omega \cdot \text{m}^2$  discovered in the North-Western Karelian terrain in Russia and in Northern Finland. The location of the T-anomaly is shown on Fig. 3a. Fig. 3 shows the location of T-anomaly in comparison with the crustal electrical conductivity map at the depth of 0 to 60 km [2] (Fig. 3b) and with the generalized geological map of the study area (Glaznev, 2003) (Fig. 3c). However, there is no conformity between the T-anomaly map and crustal conductance map. Nor between the former and surface geology. On the other hand, the shape of the T-anomaly is conformable with the shape of the Moho anomaly (Fig. 3d) detected from seismic data in Central Finland (Pavlenkova, 2006). Contours of T-anomaly frame from the East-North of the seismic anomaly area, where the Moho boundary submerges to the depth of 60 km from the "average" depth of 37-40 km. Some extra measurements with the FENICS transmitter are required for the detail interpretation of the seismic and geoelectrical data.

In this field of cooperation we suggest organizing the joint Russian-Finnish experiment "FENICS-2012" on the tensor frequency sounding to study the deep electrical conductivity of the Eastern Fennoscandia lithosphere at the distance up to 700-800 km from the source and at the depth up to 50-70 km. The study is to focus on the electromagnetic and seismic anomalies correlation (Fig. 3).

2. So far the second cooperation line is concerned, we suggest organizing the joint Finnish-Russian experiment on tensor frequency sounding using the car "Energy-3" generator of the third generation to study the intermediate conductive layer of the dilatant diffusive nature ("DD-layer") on the example of the Rovaniemi granite massive in Northern Finland. The similar experiment was carried out in Central Finland granitoid massive in 1997 [2]. The technique of frequency sounding has been significantly improving during the last 13 years. The third generation generator is a 30 kW power double source car one, capable of producing electromagnetic field of rotating polarization with two mutually perpendicular grounded electric lines (electric dipoles). There we suggest studying the upper crust electrical conductivity at the distances up to 70-80 km between the transmitter and the receiver and at the depth up to 10 km. The major study focus should be the structure of the intermediate conductive layer in the upper crust using complex CSAMT and AMT sounding techniques. The planned time of the experiment launch is summer 2013.

3. The third line of cooperation is connected with a possibility to study the deep lithosphere rheology on the basis of its electrical section in synthesis with other geophysical data. The theory is developed in [4]. The value of this study depends on how regular the inverted results of the deep electromagnetic sounding appear to be. In the "FENICS-2007" and "FENICS-2009" experiments regular signals were registered at the distance up to 1300 km (Spitsbergen) and 2150 km (Ukraine), which opens new horizons of research in this field [1].

# РЕЗУЛЬТАТЫ РОССИЙСКО-НОРВЕЖСКОГО ПРОЕКТА «ЩЕЛОЧНЫЕ ПОРОДЫ БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО РЕГИОНА» ПРИ ПОДДЕРЖКЕ БАРЕНЦ-СЕКРЕТАРИАТА И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СОВЕТА НОРВЕГИИ

Д.Р. Зозуля<sup>1</sup>, К.-В. Куллеруд<sup>2</sup>, Е.-К. Равна<sup>2</sup>, Х. Хансен<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, Россия, zozulya@geoksc.apatity.ru

<sup>2</sup>Университет Тромсё, Норвегия

<sup>3</sup>Store Norske Gull AS, Тромсё, Норвегия

Комплекс основания Зап. Тромсё (WTBC), Сев. Норвегия, сложен архейскими и протерозойскими породами. Он залегает в крупном окне 120×20 км тектоно-стратиграфически перекрывающих Каледонских аллохтонов (рис. 1). Основные породные серии WTBC включают ТТГ-гнейсы (2.9-2.6 млрд лет), супракрустальные породы зеленокаменного пояса (2.84-2.6 млрд лет), мафические дайки (2.4 млрд лет) и интрузии габбро-диорита и гранита (1.8-1.7 млрд лет).

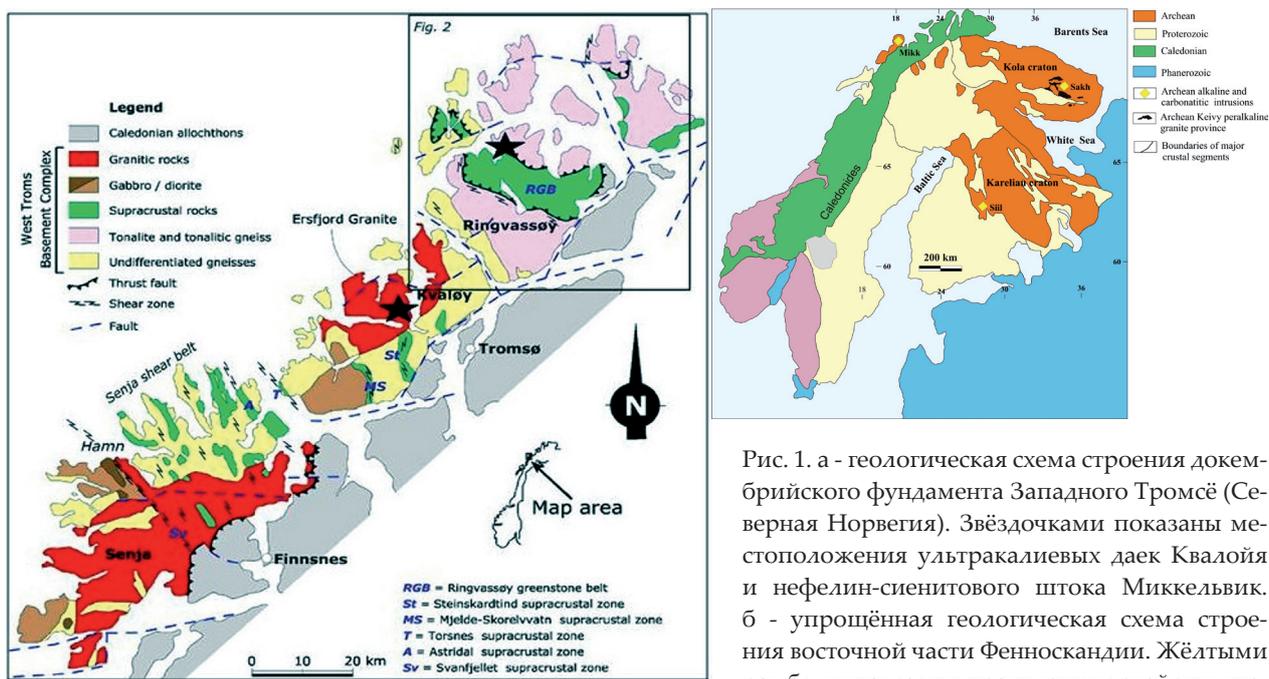


Рис. 1. а - геологическая схема строения докембрийского фундамента Западного Тромсё (Северная Норвегия). Звёздочками показаны местоположения ультракалийевых даек Квалойя и нефелин-сиенитового штока Миккельвик. б - упрощённая геологическая схема строения восточной части Фенноскандии. Жёлтыми ромбами показаны проявления архейских щелочных пород: Sakh - массив нефелиновых сиенитов Сахарьёк; Siil - массив карбонатитов Сиилинярви; Mikk - нефелин-сиенитовый шток Миккельвик.

щелочных пород: Sakh - массив нефелиновых сиенитов Сахарьёк; Siil - массив карбонатитов Сиилинярви; Mikk - нефелин-сиенитовый шток Миккельвик.

Fig. 1. a – geological structural scheme of the Precambrian West Troms Basement Complex (North–Norway). Asterisks indicate deposits of the Kvaløya ultrapotassic dykes and Mikkelvik nepheline syenite stock. b – simplified geological structural scheme of the Western Fennoscandia. Yellow rhombs indicate occurrences of the Archaean alkaline rocks: Sakh – Sakharjok nepheline syenite massif; Siil – Siilinyarvi carbonatite massif; Mikk - Mikkelvik nepheline syenite stock.

Нефелин-сиенитовые породы Миккельвик на о. Рингвассой образуют небольшой шток 30×50 м, прорывая ТТГ-гнейсы. Он сложен, главным образом, крупнозернистыми нефелиновыми сиенитами и среднезернистыми канкринит-сиенитовыми дайками (рис. 2). U-Pb датирование титанита из нефелин-сиенитовых пород Миккельвик на о. Рингвассой образуют небольшой шток 30×50 м, прорывая ТТГ-гнейсы. Он сложен, главным образом, крупнозернистыми нефелиновыми сиенитами и среднезернистыми канкринит-сиенитовыми дайками (рис. 2). U-Pb датирование титанита из нефелин-сиенитовых пород Миккельвик на о. Рингвассой образуют небольшой шток 30×50 м, прорывая ТТГ-гнейсы. Он сложен, главным образом, крупнозернистыми нефелиновыми сиенитами и среднезернистыми канкринит-сиенитовыми дайками (рис. 2).

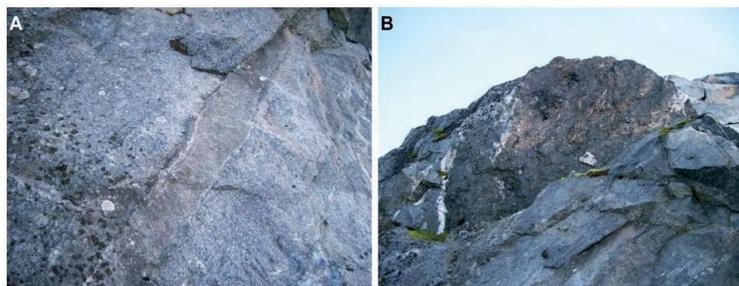


Рис. 2. а - дайка среднезернистых канкринитовых сиенитов, залегающая в крупнозернистых нефелиновых сиенитах; б - постмагматические образования, представленные кальцитовыми жилами и биотитовыми зонами скалывания.

Fig. 2. a – medium-grained cancrinite syenite dyke in coarse-grained nepheline syenites; b – post-magmatic formations represented by calcite veins and biotite shear-zones.

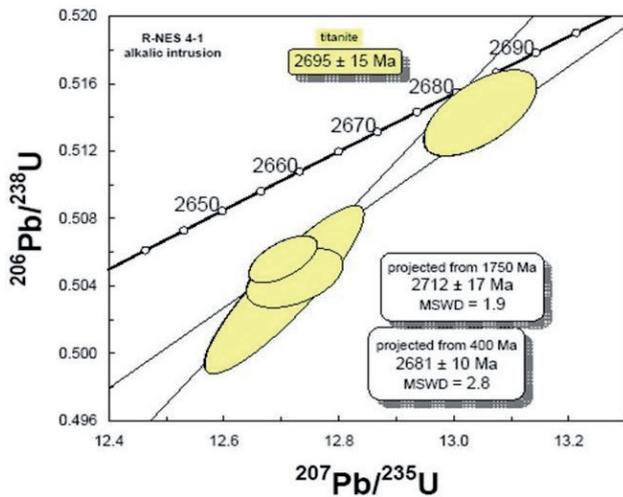


Рис. 3. U-Pb диаграмма с конкордией для титанита из нефелинового сиенита Миккельвик.

Fig. 3. U-Pb diagram with a concordia for titanite from the Mikkelvik nepheline syenite.

линового сиенита дало возраст  $2695 \pm 15$  млн лет [7] (рис. 3). Нефелин (30-40 об %) образует гипидиоморфные кристаллы размером 0.5-0.8 мм. Канкринит (20-30 об. %), альбит (15-20) и микроклин (15-20) аллотриоморфны. Единственным мафическим минералом является биотит (20-30). Более поздняя второстепенная магматическая фаза, образующая неправильные пятна и жилы, представлена щелочным сиенитом, сложным альбитом (50-60 об. %), микроклином (15-20), эгирин-диопсидом (10-15) и первичным карбонатом (до 10). Титанит и эпидот встречаются как акцессорные минералы во всех типах пород, но канкринитовые сиениты также содержат стрональсит (рис. 4). Известные ранее на Фенноскандинавском щите позднерарейские нефелиновые сиениты с возрастом 2.61 млрд

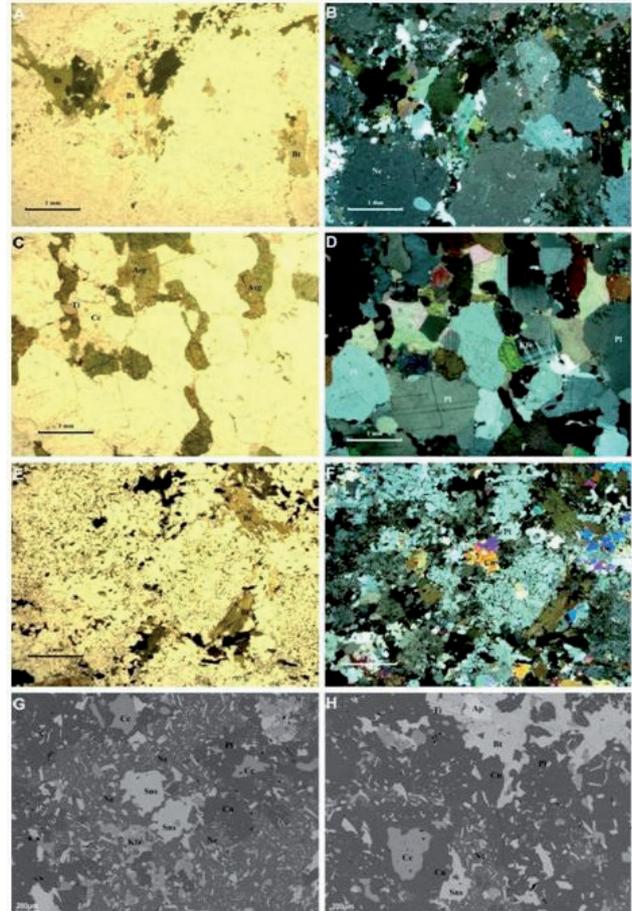


Рис. 4. Минеральный состав и структурные особенности нефелиновых сиенитов (a, b), щелочных сиенитов (c, d) и канкринитовых сиенитов (e, f) штока Миккельвик. Морфология выделений стрональсита (g, h).

Fig. 4. Mineral composition and structural peculiarities of the nepheline syenites (a, b), alkaline syenites (c, d) and cancrinite syenites (e, f) of the Mikkelvik stock. Morphology of the stronsalsite extractions (g, h).

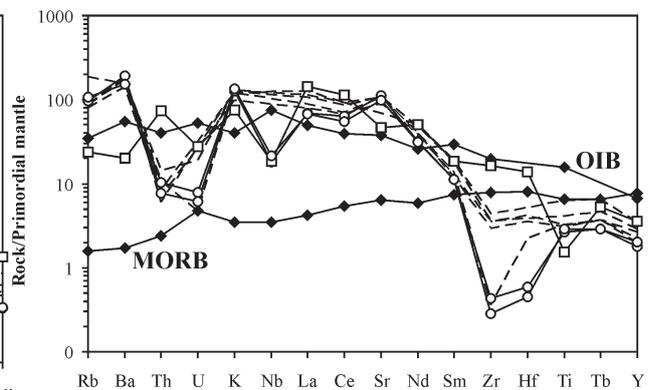
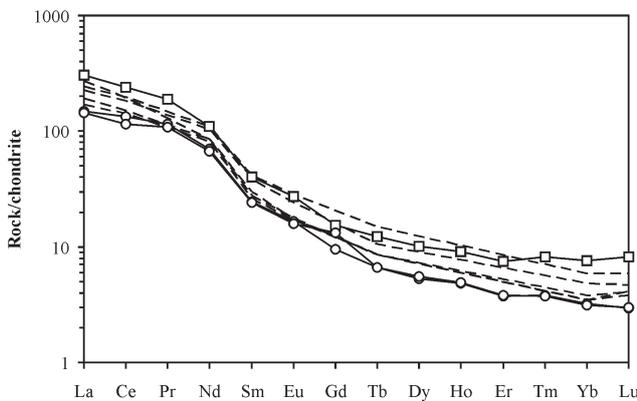


Рис. 5. Распределение нормализованных редкоземельных элементов (вверху) и несовместимых элементов (внизу) для щелочных пород штока Миккельвик. Для сравнения показаны распределения несовместимых элементов в базальтах OIB- и MORB-типов (ромбы).

Fig. 5. Distribution of normalized REE (top) and non-conforming elements (bottom) for the alkaline rocks of the Mikkelvik stock. Shown to be compared with is the distribution of non-conforming elements in OIB and MORB basalts.

лет (Сахарьёкский массив в Кольском кратоне) [6] относятся к миаскитовому типу и имеют более развитую природу (повышенное содержание FeO и HFSE, пониженное MgO). Микелвикские породы характеризуются обеднением некоторыми HFS элементами (Zr, Nb, Y), обогащением некоторыми LIL элементами (Sr, Ba) и сильным фракционированием TR. Геохимические сопоставления говорят о том, что породы развивались из подобной OIB магмы (рис. 5). Дифференциация из щелочного базальта первоначально контролировалась фракционированием пироксена и амфибола. Изотопные данные по Nd дают значения  $\epsilon_{Nd}(T) = 3.0-3.6$ , характерные для деплетированной мантии, с  $\epsilon_{Sr}(T) = 5-19$ , что указывает на некоторое обогащение мантийного источника. Среди известных архейских щелочных комплексов провинция Ськолдунген (восточная часть кратона Наин, Гренландия) [3] наиболее сходна с изученными нами породами по возрасту, изотопным и геохимическим характеристикам, указывающим на сходную геодинамическую эволюцию Гренландии и WTBC в позднем архее.

Перкалийные дайки о. Квалея недавно установлены в пределах WTBC. Ширина даек Квалея 0.1-1.0 м. Они секут граниты с возрастом 1.8 млрд лет (рис. 6, 7). Дайки прослеживаются вдоль линеамента длиной 5-6 км, простираясь на ЗСЗ (рис. 8). Вмещающие граниты сорваны и разрушены до глубины 0.6-1.0 м от контакта, что указывает на внедрение дайки при высокостатических условиях. Порода порфирировая и сложена фенокристаллами флогопита (до 5 об. %) с каймами из тетраферрифлогопита (рис. 9). Тонкозернистый матрикс сложен К-магнезиоарфведсонитом (30 об. %), ортоклазом (40-50); второстепенные и акцессорные минералы представлены апатитом (5-7), биотитом  $Ba_4(Ti,Nb)_8Si_4O_{28}Cl$  (до 3), рутилом (1-3), баритом, цирконом и неизвестными Na-Mg-Ba-P-O минеральными видами (рис. 10). Вторичный минерал – хлорит (5-7 об. %), возможно, по оливину. Локально встречаются следы Ti-эгирина (1-5 вес. %  $TiO_2$ ) и белой обеднённой Al (1-2 вес. %  $Al_2O_3$ ) и обогащённой Mg слюды (тениолит?). По экзотической минералогии и составу породы дайка Квалея принадлежит к лампроитовой серии [4], но более точно породу можно определить как переходный тип лампроита [5] или промежуточный тип лампроита (рис. 11). Магнезиоарфведсонит характеризуется высоким содержанием  $K_2O$  (4.5-6.0 вес. %) и  $TiO_2$  (0.7-3.5), ортоклаз содержит 1.6-3.6 вес. % FeO, флогопит имеет низкое содержание  $Al_2O_3$  (9.2-10.7), но обогащён  $TiO_2$  (2.1-2.6). Основные геохимические характеристики породы:  $K/Na=2.3-2.9$ ,  $K/Al=1.0-1.2$ ,  $K_{agr}=1.4-1.7$ ,  $Mg\#=76-84$ ,  $La/Yb_n=100-140$ ;  $SiO_2=54.8-56.8$  (вес. %),  $TiO_2=3.2-4.0$ ,  $BaO=0.55-1.47$ ,  $P_2O_5=2.5-3.0$ ,  $Zr=2650-3000$  (г/т),  $REE=900-1260$ ,  $Sr=2300-2500$ . Распределение нормализованных несовместимых элементов в дайке Квалея в большей степени согласуется со средней лампроитовой моделью, чем с лампрофиром (рис. 12). Породы, сходные по составу с высококремнезёмистым лампроитом Квалея, часто сопровождают «чисто» лампроитовые свиты с оливиновыми и лейцитовым ультраосновными и основными породами, например, Leucite Hills (Вайоминг), Smoky Butte (Монтана), Mount Bayliss и Priestly Peak (Антарктида), Pendennis (Великобритания), Murchia-Almeria



Рис. 6. Дайка ультракалиевого состава на о. Квалея.

Fig. 6. The ultrapotassic dyke of the Kvaløya island.

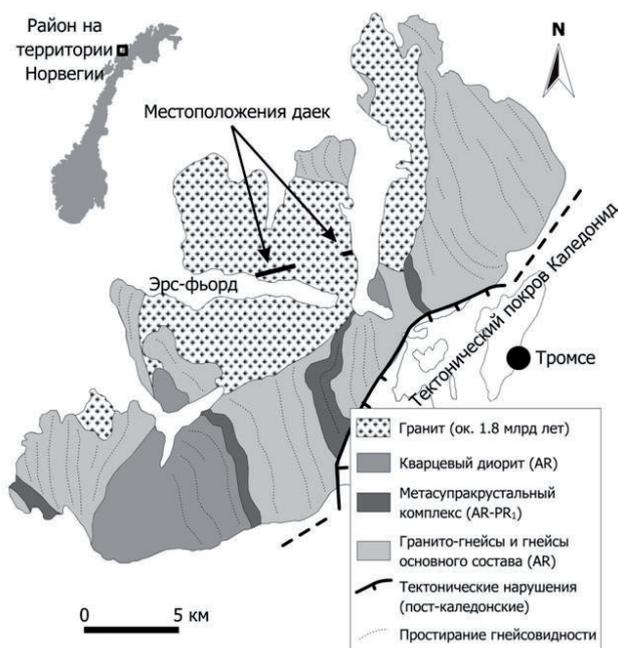


Рис. 7. Схема геологического строения района о. Квалея (северная Норвегия) и местоположения даек ультракалиевого состава.

Fig. 7. Schematic geologic map of the Kvaløya island area, North-Norway, and occurrences of the ultrapotassic dykes.

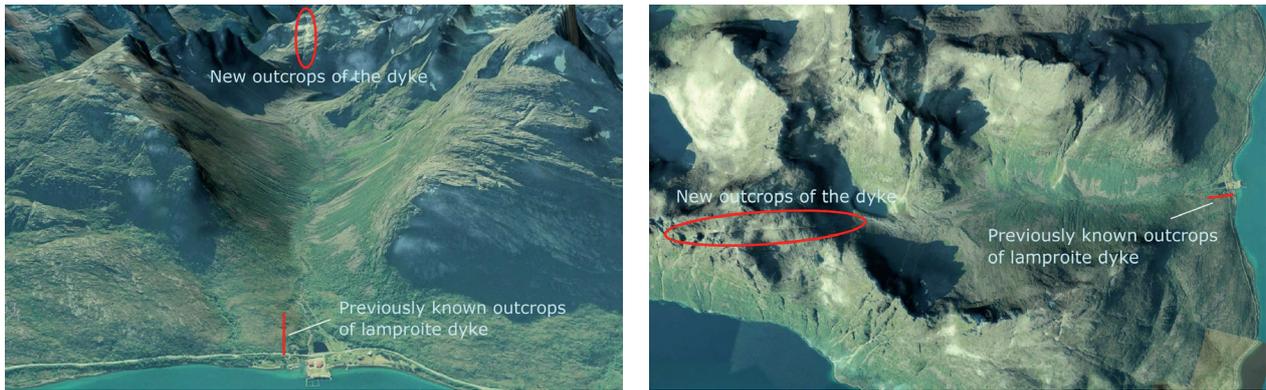


Рис. 8. Новые проявления даек на о. Квалея (линеament длиной 5-6 км).  
 Fig. 8. New dyke occurrences on the Kvaløya island (5-6 km long lineament).



Рис. 9. Текстуальные особенности дайки Квалея (слева) на контакте с вмещающим гранитом (справа).  
 Fig. 9. Structural peculiarities of the Kvaløya dyke (left) on the contact with the country rock (right).

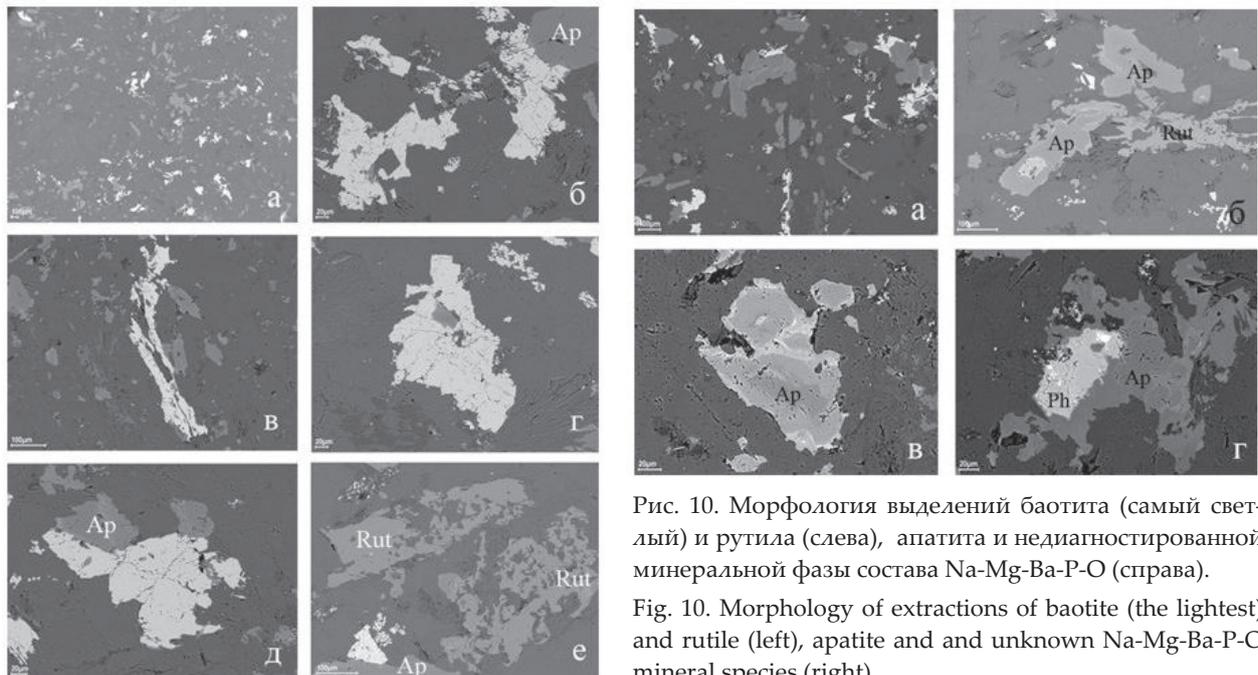


Рис. 10. Морфология выделений баотита (самый светлый) и рутила (слева), апатита и недиагностированной минеральной фазы состава Na-Mg-Ba-P-O (справа).  
 Fig. 10. Morphology of extractions of baotite (the lightest) and rutile (left), apatite and unknown Na-Mg-Ba-P-O mineral species (right).

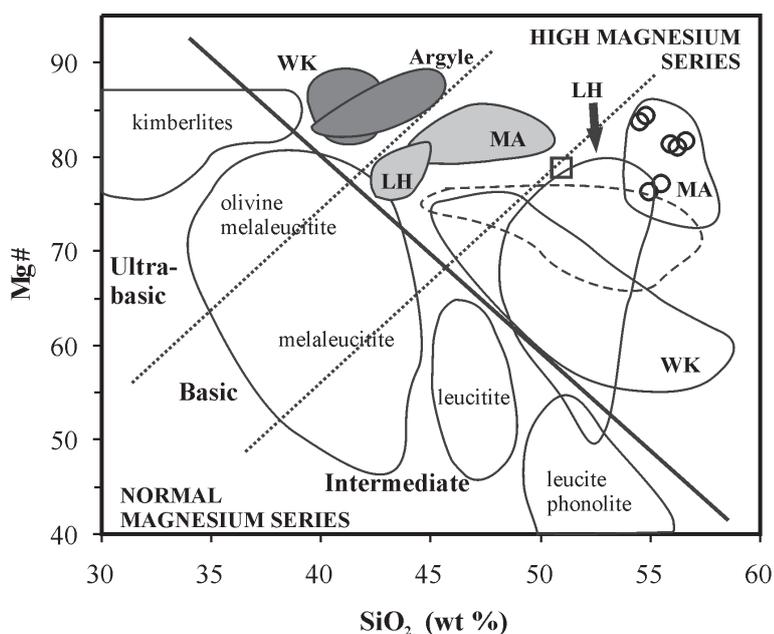


Рис. 11. SiO<sub>2</sub>-Mg# классификационная диаграмма для калиевых пород [2]. Кружками показаны ультракалиевые породы Квалея. Поля лампроитов: WK – Уэст Кимберли; LH – Лейцит Хиллс; MA – Мурсия-Алмейра. Штрихованной линией показано поле лампрофиров.

Fig. 11. SiO<sub>2</sub>-Mg# classifying diagram for potassium rocks [2]. Circles indicate the Kvalöya ultrapotassic rocks. Lamproite fields: WK – West Kymbely; LH – Leucite Hills; MA – Mursia-Almeyra. Dotted line indicates the lamprophyre field.

province (юго-западная Испания) [1, 4]. Типы пород, именуемые канкалитом и канкарискитом, сложенные большим количеством санидина и К-рихтерита и незначительным модалным/нормальным оливином и диопсидом, описаны для последнего места. Они наиболее сходны с калиевыми породами Квалея по минералогии и химии. Анализ геохимического состава установил типичную для лампроита Ti-Ba-P акцессорную минерализацию, т.е. биотит, рутил, Sr-апатит, барит и неизвестный Na-Mg-Ba-фосфатный минерал [2]. Биотит образует ксеноморфные удлинённые и изометричные зёрна размером 10-500  $\mu$  и принадлежит к обеднённой Nb (0.03-0.05 apfu) изоморфной разновидности. Апатит, как правило, образует идиоморфные удлинённые зёрна с явной зональностью – их внешние части чрезвычайно обогащены SrO (8-12 вес. %) и REE<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (6-9). Неизвестный Na-Mg-Ba фосфат образует призматические зёрна размером 10-100  $\mu$ . Согласно отношению атомных количеств его главных компонентов – Na:Mg:Ba:P  $\approx$  2:1:1:2 – состав минерала может соответствовать традиционной формуле Na<sub>2</sub>MgBa(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. Породы Квалея проявляют минералогические и геохимические признаки лампроитов, внедрённых в разрушенные окраины плиты, в большей степени, чем лампроитов внутриплитных тектонических обстановок. Возраст внедрения оценивается на уровне 300-320 млн лет по предварительному Ar-Ar датированию флогопита (личное сообщение Корин Дэвидс). Поэто-

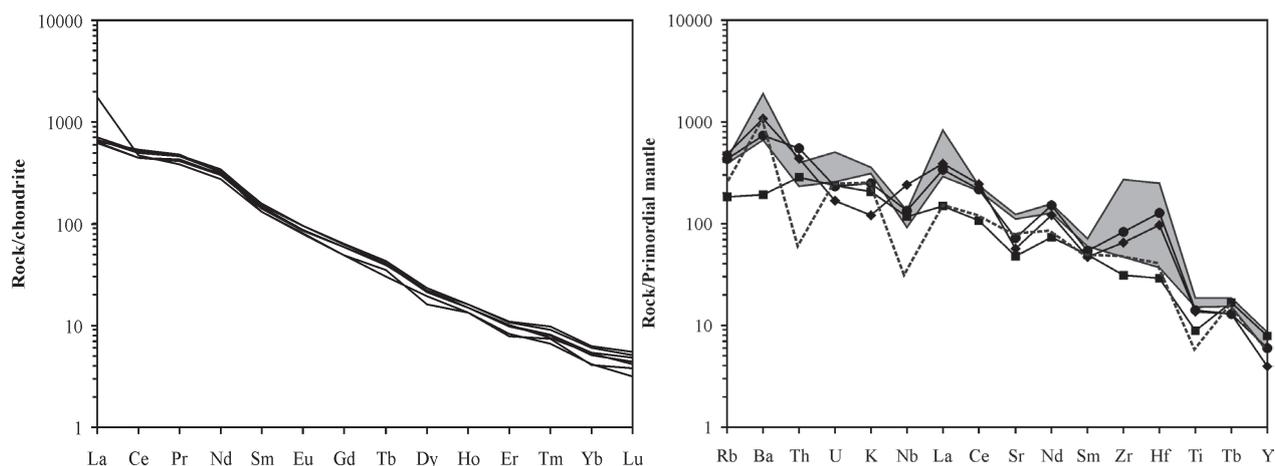


Рис. 12. Распределение нормализованных редкоземельных элементов (вверху) и несовместимых элементов (внизу) для ультракалиевых пород Квалея. Для сравнения показаны средние распределения несовместимых элементов в лампроитах (кружки и ромбы) и в лампрофирах (квадраты).

Fig. 12. Distribution of normalized REE (top) and non-conforming elements (bottom) for the Kvalöya ultrapotassic rocks. Shown to be compared with is an average distribution of non-conforming elements in lamproites (circles and rhombs) and lamprophyres (cubes).

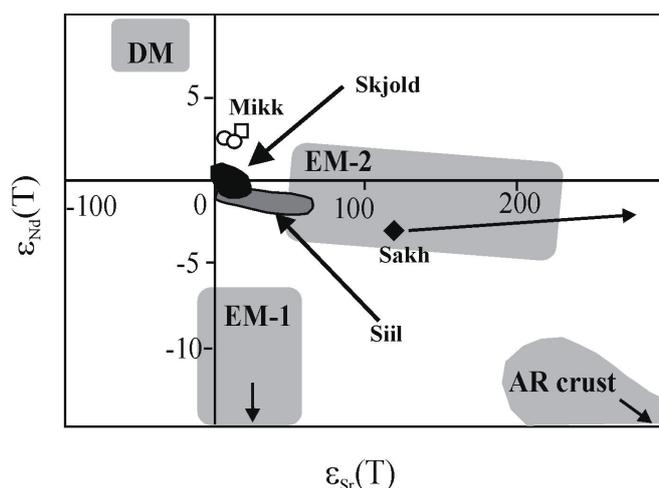


Рис. 13.  $\epsilon_{\text{Sr}}-\epsilon_{\text{Nd}}$  диаграмма для щелочных пород штока Миккельвик (прозрачные ромбы) и ультракалиевой дайки Квалея (звезда). Параметры рассчитаны на возрасты 2695 Ма и 300 Ма соответственно.

Fig. 13.  $\epsilon_{\text{Sr}}-\epsilon_{\text{Nd}}$  diagram for alkaline rocks of the Mikkelvik stock (transparent rhombs) and the ultrapotassic Kvaløya dyke (asterisk). Parameters are worked out for the 2695 Ma and 300 Ma ages respectively.

му лампроит Квалея мог образоваться в посторогенной обстановке за счёт обрушения Варисцид и последующего рифтинга в северной Европе. Порода Квалея демонстрирует первичные Sr и Nd изотопные характеристики, сходные с мантийным источником EM1 (рис. 13).

1. Богатилов О.А., Рябчиков И.Д., Кононова В.А. и др. Лампроиты. М.: Наука, 1991. 302 с.
2. Зозуля Д.Р., Савченко Е.Е., Куллеруд К. и др. Уникальная Ti-Ba-P акцессорная минерализация ультракалиевой дайки Квалея, северная Норвегия // Зап. РМО. 2010. № 2. С. 101-112.
3. Blichert-Toft J., Rosing M.T., Leshner C.E., *et al.* Geochemical constraints on the origin of the late Archaean Skjoldungen alkaline igneous province, SE Greenland // *J. Petrol.* 1995. V 36. P 515-561.
4. Mitchell R.H., Bergman S.C. Petrology of lamproites. New York: Plenum Press, 1991. 447 p.
5. Sheppard S., Taylor W.R. Barium- and LREE-rich, olivine-mica-lamprophyres with affinities to lamproites, Mt. Bundy, Northern Territory, Australia // *Lithos.* 1992. V 28. P 303-325.
6. Zozulya D.R., Bayanova T.B., Eby G.N. Geology and age of the late Archaean Keyivy alkaline province, NE Baltic Shield // *J. Geol.* 2005. V 113. P 601-608.
7. Zozulya D., Kullerud K., Ravna E.K., *et al.* Geology, age and geochemical constraints on the origin of the late Archaean Mikkelvik alkaline stock, West Troms Basement Complex in Northern Norway // *Norw. J. Geol.* 2009. V 89. P 327-340.

## RESULTS OF THE RUSSIAN-NORWEGIAN PROJECT "ALKALINE ROCKS WITHIN THE BARENTS REGION" SUPPORTED BY BARENTS SECRETARIAT AND RESEARCH COUNCIL OF NORWAY

D. Zozulya <sup>1</sup>, K.V. Kullerud <sup>2</sup>, E.K. Ravna <sup>2</sup>, H. Hansen <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Geological Institute, Kola Science Centre, Apatity, Russia, e-mail zozulya@geoksc.apatity.ru

<sup>2</sup>University of Tromsø, Tromsø, Norway

<sup>3</sup>Store Norske Gull AS, Tromsø, Norway

The West Troms Basement Complex (WTBC), North-Norway, is composed of the Archaean and Paleoproterozoic rocks. The complex occurs within a 120x20 km large window of the tectonostratigraphically overlying the Caledonian allochthons (Fig. 1). The main rock series of the WTBC are TTG-gneisses of 2.9-2.6 Ga, greenstone belt supracrustals of 2.84-2.6 Ga, mafic dykes of 2.4 Ga and gabbro-diorite and granite intrusions of 1.8-1.7 Ga age.

The Mikkelvik nepheline syenitic rocks on the Ringvassøy island form a small 30x50 m stock and cut the TTG gneisses. The stock is mainly composed of coarse-grained nepheline syenite and medium-grained cancrinite syenite dykes (Fig. 2). U-Pb dating of titanite from nepheline syenite yields the age of 2695±15 Ma [7] (Fig. 3). Nepheline (30-40 vol %) forms sub-idiomorphic crystals of 0.5-0.8 mm size. Cancrinite (20-30 vol %), albite (15-20 vol %) and microcline (15-20 vol %) are xenomorphic. The only mafic mineral is biotite (20-30 vol %). The later minor magmatic phase forming the irregular patches and veins is represented by alkaline syenite composed of albite (50-60 vol %), microcline (15-20 vol %), aegirine-diopside (10-15 vol %) and primary carbonate (up to 10 vol %). Titanite and epidote occur as accessory minerals in all rock types, but the cancrinite syenite also contains stronalsite (Fig. 4). The previously reported as from the Fennoscandian Shield Late Archaean nepheline syenites of 2.61 Ga age (Sakharjok massif in the Kola Craton [6]) are of miaskitic type and have a more evolved character (higher FeO and HFSE, lower MgO contents).

The Mikkelvik rocks are characterized by depletion in some HFS elements (Zr, Nb, Y), enrichment in some LIL elements (Sr, Ba) and strong REE fractionation. Geochemical comparisons suggest the rocks having developed from an OIB-like magma (Fig. 5). Differentiation from alkali basalt was principally controlled by fractionation of pyroxene and amphibole. Isotopic data for Nd yield  $\epsilon_{Nd}(T) = 3.0 - 3.6$ , which is characteristic of depleted mantle, but with  $\epsilon_{Sr}(T) = 5 - 19$  indicating some enrichment of mantle source. Among all known Archaean alkaline complexes, the Skjoldungen province (eastern Nain craton, Greenland [3]) is similar to the rocks studied here in terms of age, isotopic and geochemical signatures, indicating a similar geodynamic evolution of Greenland and WTBC in the Late Archaean.

The Kvalöya island perpotassic dykes have been recently found within the WTBC. The Kvalöya dykes are 0.1-1.0 m in width and cross-cut granite of 1.8 Ga age (Fig. 6, 7). The dykes are traced along the lineament of 5-6 km long and NWW strike (Fig. 8). The host granite is fractured and disintegrated up to 0.6-1.0 m from the contact, indicating that the dyke intruded under high dynamic conditions. The rock is porphyritic and composed of phenocrystic phlogopite (up to 5 vol %) with rims of the tetraferriphlogopite (Fig. 9). The fine-grained groundmass consists of K-magnesian arfvedsonite (30 vol %), orthoclase (40-50 vol %); minor and accessory minerals are apatite (5-7 vol %), baotite  $Ba_4(Ti,Nb)_8Si_4O_{28}Cl$  (up to 3 vol %), rutile (1-3 vol %), barite, zircon and unknown Na-Mg-Ba-P-O mineral species (Fig. 10). Secondary mineral is chlorite (5-7 vol %, possibly after olivine). Locally, trace amounts of Ti-aegirine (1-5 wt% of  $TiO_2$ ) and white Al-poor (1-2 wt% of  $Al_2O_3$ ) and Mg-rich mica (taeniolite?) are also found. From exotic mineralogy and whole-rock composition the Kvalöya dyke belongs to the lamproite clan [4] and more accurately the rock can be defined as a transitional type lamproite [5] or an intermediate type lamproite (Fig. 11). Magnesian arfvedsonite is characterized by high contents of  $K_2O$  (4.5-6.0 wt%) and  $TiO_2$  (0.7-3.5 wt%), orthoclase contains 1.6-3.6 wt% of FeO, phlogopite has low content of  $Al_2O_3$  (9.2-10.7 wt%), but it is enriched in  $TiO_2$  (2.1-2.6 wt%). Principal characteristics of the whole-rock geochemistry are  $K/Na=2.3-2.9$ ,  $K/Al=1.0-1.2$ ,  $K_{agp}=1.4-1.7$ ,  $Mg\#=76-84$ ,  $La/Yb_n=100-140$ ;  $SiO_2=54.8-56.8$  wt%,  $TiO_2=3.2-4.0$  wt%,  $BaO=0.55-1.47$  wt%,  $P_2O_5=2.5-3.0$  wt%,  $Zr=2650-3000$  ppm,  $REE=900-1260$  ppm,  $Sr=2300-2500$  ppm. The distribution of normalized incompatible elements in the Kvalöya dyke is mostly similar to average lamproite pattern rather than to lamprophyre (Fig. 12). Rocks compositionally identical to the high-Si Kvalöya lamproite often accompany "pure" lamproitic suites with olivine- and leucite-bearing ultrabasic and basic rocks, e.g. in Leucite Hills (Wyoming), Smoky Butte (Montana), Mount Bayliss and Priestly Peak (Antarctica), Pendennis (UK), Murchia-Almeria province (SE Spain) [1, 4]. The rock types named as cancalite and cancarixite composed of abundant sanidine and K-richrichterite and minor modal/normal olivine and diopside were described from the last locality, and they are most similar to the Kvalöya potassic rock in mineralogy and chemistry. The distinguished geochemical composition of the rock resulted in typical lamproite Ti-Ba-P accessory mineralization, e.g. baotite, rutile, Sr-apatite, barite and an unknown Na-Mg-Ba-phosphate mineral [2]. Baotite forms xenomorphic elongated and isometric grains of 10-500 $\mu$  in size and belongs to the Nb-poor (0.03-0.05 apfu) isomorphic variety. Apatite forms mainly idiomorphic elongated grains with clear zoning – their outer parts are extremely rich in SrO (8-12 wt%) and  $REE_2O_3+Y_2O_3$  (6-9 wt%). The unknown Na-Mg-Ba phosphate forms prismatic grains of 10-100 $\mu$  in size. According to the ratio of atomic quantities of its main components Na, Mg:Ba:P $\approx$ 2:1:1:2, composition of the mineral may correspond with the conventional formula  $Na_2MgBa(PO_4)_2$ . The Kvalöya rocks display mineralogical and geochemical features of lamproites emplaced at destructive plate margins rather than lamproites of the intraplate tectonic settings. The emplacement age estimated is 300-320 Ma, according to the preliminary Ar-Ar dating of phlogopite (pers. comm. of Corine Davids). Thus, it is suggested that the Kvalöya lamproite might be originated in post-orogenic setting due to the collapse of the Variscides and the following rifting in the Northern Europe. The Kvalöya rock has the initial Sr and Nd isotopic signatures similar to EM1 mantle source (Fig. 13).

## РОССИЙСКО-ИНДИЙСКИЙ ПРОЕКТ: РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

Т.В. Каулина<sup>1</sup>, Т. Ахмад<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, Россия, kaulina@geoksc.apatity.ru

<sup>2</sup> Университет Дели, Индия, tahmad001@yahoo.co.in

В 2009 г. завершился крупный российско-индийский проект В-2.58 (ILTP) «Geochemical, isotopic and geochronological characterization of granitoids from the Central Indian Tectonic Zones (CITZ) and Central Indian Shear (CIS) Zones: constraints on Precambrian crustal evolution» Геологического института КНЦ РАН и Университета Дели, Индия (2006-2009).

При наличии хорошей петрологической и геолого-геохимической базы в Индии ощущается нехватка геохронологических данных, что связано с недостаточным числом изотопно-геохронологических лабораторий в стране. Специалисты Лаборатории геохронологии и геохимии изотопов Геологического института КНЦ РАН и кафедры геологии Университета Дели объединили усилия с целью провести геохимический анализ и датировать архейские гранитоиды Центрально-Индийского кратона: установить возрастные границы эволюции коры в докембрии в Центрально-Индийской тектонической зоне (ЦИТЗ) и Центрально-Индийской сдвиговой зоне для понимания процессов образования шовной структуры между северным и южным протоконтинентами, представленными сегодня Бунделькхандским и Бастар-Сингхбан-Дхарварским кратонами. ЦИТЗ представляет собой полискладчатый и полиметаморфический пояс, вытянутый в ВСВ-ЗЮЗ направлении (рис. 1).

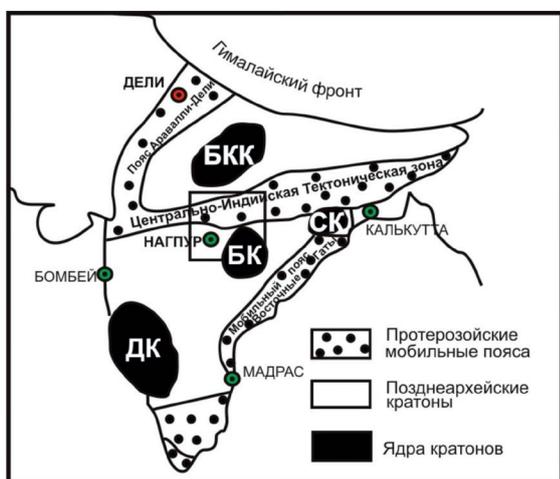


Рис. 1. Схематическая карта Центрально-Индийского щита. Архейские кратоны: БКК – Бунделькхандский, БК – Бастар, СК – Сингхбан, ДК – Дхарварский.

Fig. 1. Sketch map of the Central Indian Shield. Archaean cratons: БКК – Bundelkhand, БК – Bastar, СК – Singbhan, ДК – Dharwar.

Её образование является ключевым моментом в докембрийской эволюции Центрально-Индийского щита, поскольку она представляет собой зону сочленения северного и южного протоконтинентов. Правильное понимание эволюции ЦИТЗ важно для построения тектонических моделей. На сегодня существуют две плейт-тектонические модели образования ЦИТЗ [1, 2], отличающиеся направлением (южным или северным) и временем (2.4 или 2.2 млрд лет) начала субдукции. Согласно обеим, кульминацией

субдукционной системы была континентальная коллизия 1.5 млрд лет назад, маркирующаяся образованием коллизионного пояса Рамакона-Катанги, отмечающего шов между Бунделькхандским и Бастар кратонами.

Заключительный отчет по результатам проекта принят на Ученом совете Геологического института КНЦ РАН (протокол № 21 от 04.12.2008). В 2009 г. в рамках проекта проводились полевые работы в р-не г. Нагпур и Бетул (южная и центральная части ЦИТЗ), где выделяются крупные гнейсовые комплексы Амгон и Тироди (рис. 2). Наиболее древним считается комплекс Тироди, сопоставляющийся по геохимическим данным с гнейсами кратона Бастар возраста 3.5-2.6 млрд лет. Выполнены 4 полевых маршрута, отобраны 5 геохимических и 5 геохронологических проб из ТТГ гнейсов фундамента Центрально-Индийского кратона для детальных геохронологических исследований с одновременной привязкой к петрографическим и геохимическим данным.

В ходе ответного визита в Геологический институт КНЦ РАН 25 июня – 8 июля 2009 г. индийские коллеги изучили методики химического и гидротермального разложения горных пород и минералов с выделением Pb, U, Sm и Nd методами ионообменной хроматографии; U-Pb и Sm-Nd изотопных анализов на масс-спектрометре Finnigan MAT-262 (RPQ). Индийские коллеги приняли участие в полевой экскурсии по Мончегорскому р-ну и научных семинарах (2 и 7 июля) с устными докладами о результатах работ по проекту. На российско-китайско-индийском семинаре 5 июля проф. Т. Ахмад представил доклад по геохимическим и изотопным характеристикам комплекса Нидар, Индия.

Выполнено геохимическое и геохронологическое исследование гнейсов и гранитов южной части ЦИТЗ. Гранитоиды отличаются степенью метаморфизма и расланцевания и отобраны из разных комплексов. Петрохимические исследования (анализ содержания и распределения петрогенных и малых элементов, РЗЭ) показывают, что гнейсы изученных комплексов относятся к гранитоидам I типа. По наличию или отсутствию положительной или отрицательной Eu аномалии гнейсы разделяются на три группы. Поведение петрогенных элементов также позволяет выделить эти группы



Рис. 2. Полевые работы в р-не гг. Нагпур и Бетул, Индия, 2007, 2009 гг.  
 Fig. 2. Field works in the Nagpur and Betul cities area, India, 2007, 2009.

со значительными Ва, Nb, Sr, Р, Eu и Ti аномалиями. Значительные положительные аномалии составляют Th, U и Pb, вероятно, указывая на коровую природу.

Геохронологические данные позволяют предполагать, что ЦИТЗ сложена преимущественно протерозойскими породами, образовавшимися в результате двух этапов гранитного магматизма: 2.42-2.45 и 2.29-2.31 млрд лет. Комплекс Амгон древнее комплекса Тироди, гранитоиды которого образовались 1.5-1.1 млрд лет назад. Коллизионные процессы, с которыми связано образование основных гранулитов, происходили 1.56 млрд лет назад. Заключительные метаморфические преобразования, отражённые в Sm-Nd и Rb-Sr системах пород и минералов, происходили 1.37-1.1 млрд лет назад, что позволяет сопоставлять процессы, происходящие в Центрально-Индийской сдвиговой зоне, с Гренвилльской орогенцией и использовать для реконструкции Родинии. Полученные геохимические и геохронологические данные хорошо сопоставляются с субдукционно-коллизионной моделью формирования ЦИТЗ. Новые геохронологические данные могут существенно дополнить региональную шкалу последовательности эндогенных процессов и быть использованы при составлении новых геологических карт Центрально-Индийского щита. По результатам совместных исследований сделаны 10 докладов на международных, индийских и российских конференциях, подготовлены 4 статьи в журналы «Gondwana Research», «Chemical Geology» и «Journal of the Geological Society of India».

Поскольку обе стороны довольны полученными результатами, планируется написание нового совместного проекта на конкурс РФФИ-ДНТ. Проект будет нацелен на изучение сравнительной эволюции Балтийского и Индийского щитов в архее-протерозое. Помимо геохимического и геохронологического исследований, планируется включить минерагенический аспект – изучение рудных месторождений. Предположительно, в будущем проекте примет участие Всероссийский геологический институт (Санкт-Петербург), что позволит расширить область исследований, включив Карельский регион, и использовать приборные возможности Центра изотопных исследований ВСЕГЕИ.

1. Roy A., Prasad M.H. Tectonothermal events in Central Indian Tectonic Zone (CITZ) and its implications in Rodinian crustal assembly // J. Asian Earth Sci. 2003. N 22. P 115-129.

2. Yedekar D.B., Jain S.C., Nair K.K.K., Dutta K.K. The Central Indian collision suture. Precambrian of Central India // Geol. Surv. India. Spec. Publ. N 28. 1990. P 1-37.

## RUSSIAN-INDIAN PROJECT: RESULTS AND PERSPECTIVES OF COOPERATION

T.V. Kaulina<sup>1</sup>, T. Ahmad<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Geological Institute KSC RAS, Apatity, Russia, kaulina@geoksc.apatity.ru

<sup>2</sup> University of Delhi, India, tahmad001@yahoo.co.in

In 2009 the major Russian-Indian project B-2.58 (ILTP) "Geochemical, isotopic and geochronological characterization of granitoids from the Central Indian Tectonic Zones (CITZ) and Central Indian Shear (CIS) Zones: constraints on Precambrian crustal evolution" of the Geological Institute KSC RAS and University of Delhi, India, (2006-2009) finished.

With a fairly good petrological, geological-geochemical base, India lacks geochronological data due to isotope-geochronological laboratories being very few in the country. The experts of Laboratory for Geochronology and Isotope Geochemistry of the Geological Institute KSC RAS and Geological Department (University of Delhi) joined their efforts in order to carry out geochemical analysis and establish the age of the Archaean granitoids of the Central-Indian craton. Specifically, the research aimed at establishing time boundaries of the Precambrian crust evolution in the Central-Indian tectonic zone (CITZ) and Central Indian shear zone to interpret the processes of suture formation between the northern and southern protocontinents. These are now represented by the Bundelkhand and Bastar-Singbhan-Dharwar cratons. CITZ is a polyfolded and polymetamorphic ENE-WSW-elongated belt (Fig. 1).

It was a key event in the Precambrian evolution of the Central Indian Shield evolution, since it is a junction zone of the northern and southern protocontinents. The correct interpretation of the CITZ evolution is crucial for the tectonic modeling. Nowadays there are two plate tectonic models of the CITZ origination [1, 2] that differ in orientation (southern or northern) and initiation time (2.4 or 2.2 Ga) of subduction. According to the models, the culmination of the subduction system was the continental collision of 1.5 billion years ago that resulted in formation of the Ramakona-Katangī collision belt. The latter marks the suture between the Bundelkhand and Bastar cratons.

The final report on the project results was approved at the Scientific Board of the Geological Institute KSC RAS (Proc. N 21 of 04.12.2008). In 2009, field works were carried out in Nagpur and Betul area (southern and central CITZ) in the framework of the project. The area is remarkable for the large Amgon and Tirodi gneiss complexes (Fig. 2). The oldest one is the Tirodi comparable in terms of geochemistry with the gneiss of the 3.5-2.6 Ga Bastar craton. During four field routes, 5 geochemical and 5 geochronological samples from TTG of the Central-Indian craton were selected for a detailed geochronological research and simultaneously tied to petrographic and geochemical data.

During the visit to the Geological Institute KSC RAS on June 25 - July 8, 2009, the Indian colleagues studied techniques for chemical and hydrothermal decomposition of rocks and minerals and separation of Pb, U, Sm and Nd by ion-exchange chromatography; U-Pb and Sm-Nd isotope mass-spectrometric analyses at Finnigan MAT-262 (RPQ). The Indian researchers took part in a field excursion to the Monchegorsk area and scientific workshops (on July 2 and 7), where reported on the project results. On July 5, at the Russian-Chinese-Indian workshop Prof. T. Ahmad made a presentation on the geochemistry and isotopy of the Nidar complex, India.

The geochemical and geochronological investigation of the southern CITZ gneisses and granites was carried out. The granitoid samples from the different complexes differ in their degree of metamorphic alteration and schistosity. Petrochemical research (analysis of major and minor element (REE) content and distribution) shows that the gneiss of the studied complexes can be referred to as the I type granitoids. In terms of presence or absence of positive or negative Eu anomaly, the gneisses can be divided into three groups. Behavior of major (or rock-forming) elements also allows distinguishing groups with significant Ba, Nb, Sr, P, Eu and Ti anomalies. The significant positive Th, U, and Pb anomalies apparently indicate crustal nature of the rocks.

The geochronological data imply that CITZ is mainly composed of the Proterozoic rocks formed as a result of two stages of the granite magmatism, i.e. 2.42-2.45 and 2.29-2.31 Ga ago. The Amgon complex is older than the Tirodi one with the granites formed 1.5-1.1 Ga ago. The collision-related processes resulted in the formation of mafic granulites 1.56 Ga ago. The ultimate metamorphic transformations reflected in Sm-Nd and Rb-Sr systems of the rocks and minerals took place 1.37-1.1 Ga ago. It allows comparing the processes of the Central-Indian shear zone with the Greenville orogeny and using to reconstruct the Rodinia supercontinent. The geochemical and geochronological data correlate with the subduction-collisional model of CITZ origination. New geochronological data may substantially expand regional scale of endogenous events and be used for compiling new geological maps of the Central-Indian Shield. According to the results of the joint investigations, 10 reports at International, Indian, and Russian conferences have been given, and 4 papers for "Gondwana Research", "Chemical Geology" and "Journal of the Geological Society of India" have been prepared.

Since both parties of the project are satisfied with its results, a draft of a new joint project is planned to be applied to RFBR-DNT. The project is to be aimed at comparing the evolution of the Baltic and Indian Shields in the Archaean-Proterozoic. In addition to the geochemical and geochronological investigation, it is planned to include studies of ore deposits (mineragenic aspect). It is discussed to possibly attract the All-Russian Geological Institute (VSEGEI, Saint-Petersburg) to the prospective project to expand the scope of investigation, thus covering also the Karelian region, and to use the hardware facilities of the Isotope Investigation Centre at VSEGEI.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА КНЦ РАН В ОБЛАСТИ ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ГЕОЛОГИИ

В.В. Колька

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, kolka@geoksc.apatity.ru

Лаборатория геологии и минерации кайнозойских отложений Геологического института КНЦ РАН имеет широкие международные связи с организациями, специализирующимися на изучении различных аспектов четвертичной геологии. С 1993 г. ею проводились совместные исследования с Университетом Тромсё, Музеем Тромсё (Норвегия), Стокгольмским университетом (Швеция), Таллинским техническим университетом (Эстония), Геологической службой Финляндии, геологической фирмой SURGEO (Чехия). Сотрудники лаборатории принимали активное участие в работе следующих международных организаций и проектов:

1. Общеввропейская программа «Quaternary Environment of the Eurasian North» (QUEEN). В рамках программы на Кольском п-ове проведены полевые работы, результаты которых представлены на трёх международных конференциях и опубликованы в международных журналах.
2. Международная программа «PAGES» (Past Global Changes). Сотрудники лаборатории приняли участие в трёх (из четырёх) конгрессах «PAGES» в Москве, Пекине (Китай) и Корваллисе (Орегон, США) с приглашёнными пленарными и секционными докладами.
3. Программа Международного полярного года (рис. 1).
4. Лаборатория – активный участник Peribaltic Group of INQUA. В рамках этого проекта в 2005 г. лаборатория провела в России полевой симпозиум с участием более 50 иностранных учёных (рис. 1) и приняла участие в мероприятиях в Беларуси, Литве, Латвии, Финляндии и др. странах.

Сотрудники лаборатории стали обладателями двух стипендий Научного совета Баренц-региона для стажировки и работы в зарубежных университетах. Совместные работы с иностранными партнёрами проводились на условиях договоров о сотрудничестве с Геологическим институтом КНЦ РАН.



Рис. 1. Изучение донных отложений озёр на побережье Кандалакшского залива Белого моря (слева). Участники Полевого симпозиума Peribaltic Group of INQUA, оз. М. Вудъявр, Хибины, 2005 г. (справа).

Fig. 1. Studying benthic sedimentations of lakes on the coast of the Kandalaksha Gulf of the White Sea (left). Participants of the field symposium of the Peribaltic Group of INQUA, Maly Vudjavr lake, Khibiny, 2005 (right).

Перспективы международного сотрудничества Лаборатории геологии и минерации кайнозойских отложений связаны с работами в областях гляциоизостатического поднятия территории в р-не Белого моря, межледниковых морских трансгрессий и оледенений на Северо-Западе России, палеоклиматических и палеогеографических исследований позднеледниковья в Кольском регионе (рис. 2). Такие работы могут быть выполнены только в тесном сотрудничестве с иностранными институтами, с которыми у нас имеются договоры о сотрудничестве. Помимо этого, будут приложены усилия для кооперации с другими организациями, заинтересованными в совместных работах.

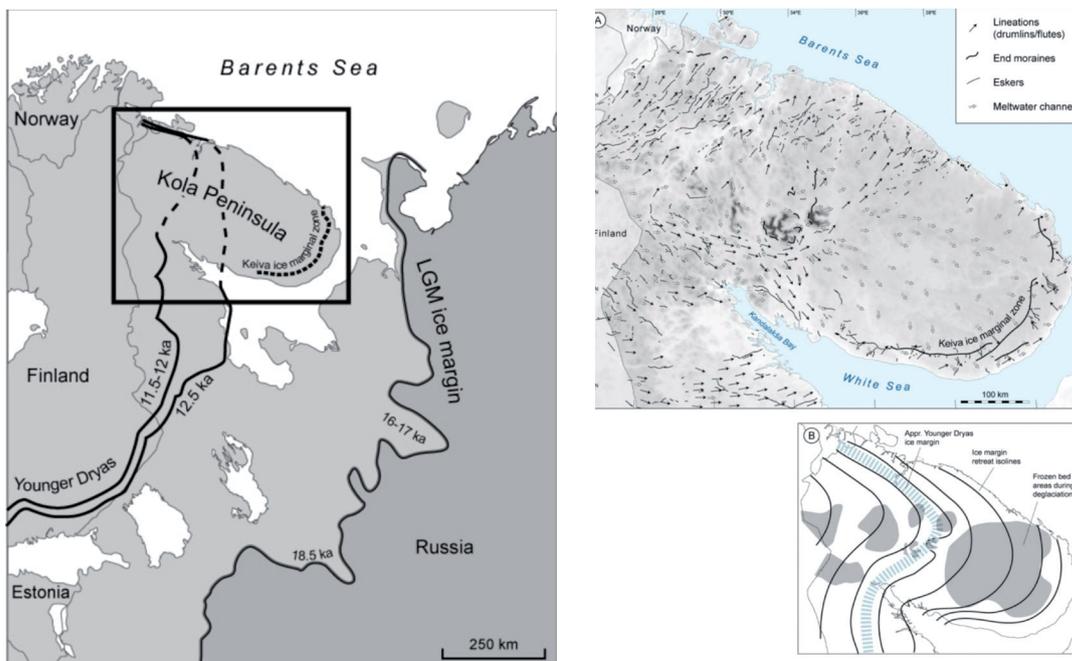


Рис. 2. Работа Лаборатории геологии и минерагении кайнозойских отложений: изучение поздневалдайского Скандинавского оледенения (слева); схема ледниковых лениаментов, составленная сотрудниками лаборатории (справа).

Fig. 2. Work of the Laboratory for Geology and Minerageny of the Cenozoic Sedimentations: studying the Late Valdai Scandinavian Glaciation (left); map of the glacial lineaments (right) elaborated by the Laboratory researchers

## RESULTS AND PERSPECTIVES OF INTERNATIONAL COOPERATION OF THE GEOLOGICAL INSTITUTE KSC RAS IN THE FIELD OF QUATERNARY GEOLOGY

V.V. Kol'ka

Geological Institute KSC RAS, Apatity, kolka@geoksc.apatity.ru

Laboratory for Geology and Minerageny of the Cenozoic Sedimentations of the Geological Institute KSC RAS has numerous international partners specializing at the study of different aspects of the Quaternary geology. Since 1993 it has been carrying out joint research works with the University of Tromsø, Museum of Tromsø, (Norway), Stockholm University (Sweden), Tallinn Technical University (Estonia), Geological Survey of Finland, geological company SURGEO (Czech Republic). Researchers of the Laboratory took an active part in the work of the organizations and projects to follow:

1. All-European program "Quaternary Environment of the Eurasian North" (QUEEN). In the framework of the program field works were carried out on the Kola Peninsula. Their results were reported on three international conferences and published in international magazines.
2. International program "PAGES" (Past Global Changes). Researchers of the Laboratory took part in three (of four) congresses of "PAGES" in Moscow, Beijing (China) and Corvallis (Oregon State, USA) as invited speakers with plenary and section reports.
3. The program of the International Polar Year (Fig. 1).
4. The Laboratory is an active participant of the Peribaltic Group of INQUA. In the framework of this project in 2005 it carried out a field symposium with more than 50 international attendees in Russia (Fig. 1). It also participated in meetings in Belorussia, Lithuania, Latvia, Finland and other countries.

Employees of the Laboratory were awarded with two grants of the Barents region Scientific Board to upgrade and work in foreign universities. Joint works with international partners were carried out in the framework of agreements of cooperation with the Geological Institute KSC RAS.

Perspectives of international cooperation of Laboratory for Geology and Minerageny of the Cenozoic Sedimentations lie in the field of glacioisostatic uplifting of the White Sea area, interglacial sea transgressions and glaciations on the Russian North-West, palaeoclimatic and palaeogeographical investigations of the Late Glaciation of the Kola region (Fig. 2). Such works may only be carried out in tight collaboration with international institutions that we have agreements of cooperation with. Besides, we shall look for ways to cooperate with other organizations interested in joint works.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЧИСТОЙ ВОДЫ ДЛЯ ГОРОДА АПАТИТЫ: ПРИМЕР УСПЕШНОГО ФИНСКО- РОССИЙСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

В.П. Конухин, А.А. Козырев, А.О. Орлов, Ю.Г. Смирнов  
Горный институт КНЦ РАН, Апатиты, vladimir@goi.kolasc.net.ru

В процессе развития горнопромышленных комплексов России и их негативного воздействия на биосферу (водный и воздушный бассейны, почву, растительный и животный мир) преодоление экологического неблагополучия некоторых территорий стало проблемой исключительной важности. Пример – г. Апатиты и его окрестности. Сегодня единственным источником воды для хозяйственного и питьевого снабжения города является оз. Имандра, несмотря на то, что в него поступают сточные воды многих предприятий. Горнорудные комбинаты ОАО «Апатит» и ОАО «Североникель», предприятия жилищно-коммунального хозяйства ОАО «Апатитыводоканал» и «Мончегорский водоканал» используют озеро в качестве приёмника сточных вод.

При существующей схеме водоснабжения вода оз. Имандра подаётся по металлическим трубам на расстояние 9 км на насосную станцию ОАО «Апатитыводоканал», где проходит обработку на водоочистных сооружениях. Распределительная водопроводная сеть насчитывает более 90 км труб внутренним диаметром 50-1000 мм. По данным «Апатитыводоканала», в трубопроводы привносится вторичное загрязнение (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Показатели качества Quality factors	Оз. Имандра Imandra lake	Насосная станция Pumping station	Водовод Water pipe-line	Городская сеть Urban network
Взвешенные вещества, мг/л Suspended substances, mg/l	0.4	0.6	4.9	1.45
Цветность, градусы Water color, degree	8.8	4.8	17.6	14.2
Мутность, мг/дм <sup>3</sup> Turbidity, mg/dm <sup>3</sup>	0.26	0.26	0.92	0.58
Железо, мг/л Iron content, mg/l	0.035	0.035	1.08	0.43

При изучении ситуации с водоснабжением г. Апатиты был рассмотрен вариант использования воды из подземного источника. В результате разведочных работ, выполненных в 1980-е гг. в долине р. М. Белая, выявлен напорный водоносный горизонт с высокими фильтрационными свойствами. Специалистами Горного института КНЦ РАН собраны и проанализированы геологические, геофизические и гидрогеологические данные по этому месторождению. Совместно с Геологической службой Финляндии изучен химический состав воды и выполнены геофизические исследования площадки в районе р. М. Белая, подтвердившие наличие здесь водоносных горизонтов.

Таблица 2 / Table 2

Объект Object	pH 200 C	Цветность, градусы Colour, degree	Жёсткость, ммоль/л Hardness mM/l	Ca ммоль/л Ca mM/l	Al мг/л Al mg/l	Fe мг/л Fe mg/l	B мг/л B mg/l	Хлориды, мг/л Chlorides, mg/l	Щёлоч- ность, ммоль/л Alaklinity, mM/l
Скважина	8.77	0.0	0.02	0.02	0.05	< 0.05	< 0.05	0.80	0.50
Река	7.43	1.8	0.05	0.05	0.02	< 0.05	< 0.05	0.80	0.30

Верхний напорный слой водно-ледникового горизонта находится на глубине от 9.4 м на левобережье реки до 14.5 м на правобережье. Его мощность не постоянна и составляет от 1.25 м до 7.4 м. Водовмещающие породы представлены гравийно-галечниковыми разностями различной зернистости. В скальных породах подземные воды приурочены к трещинам. Величина напора изменяется от 47.4 до 62.45 м. Продуктивный горизонт на участке водозабора обладает наилучшими фильтрационными свойствами.

Геофизические исследования площадки осуществлялись с помощью георадара. Построена 3D модель долины реки с разделением на коренные породы и горизонт грунтовых вод. Модель основана на компилятивных и новых геологических данных, собранных во время полевых исследований. Все данные представлены в цифровом виде и подтверждены геологическими изысканиями с помощью GIS-программного обеспечения. Методика полевого изучения месторождения подземных вод показана на рис. 1. Для оценки химического состава производился отбор проб воды из различных источни-



Рис. 1. Полевые исследования месторождения подземных вод в р-не р. М. Белая.  
 Fig. 1. Field investigation of ground water deposit in the Malaya Belaya river area.

ков. Концентрации основных элементов были ниже предельно допустимых значений (табл. 2).

Для обеспечения питьевой водой г. Апатиты рекомендуется использовать подземные источники водоснабжения, которые отличаются высоким качеством и наиболее защищены от техногенных загрязнений. Запасы подземной воды достаточны для круглогодичного обеспечения г. Апатиты и пригородов.

## **STUDY OF UNDEGROUND SOURCES OF PURE WATER FOR THE TOWN OF APATITY: SUCCESSFUL EXAMPLE OF FINNISH-RUSSIAN COOPERATION**

**V.P. Konukhin, A.A. Kozyrev, A.O. Orlov, Yu.G. Smirnov**  
**Mining Institute KSC RAS, Apatity, vladimir@goi.kolasc.net.ru**

In the process of Russian mining industry development and its negative impact on all components of the biosphere (water and air resources, soil, plant and animal life) overcoming environmental challenges of some territories became vital. Apatity town and its surroundings is an example. Nowadays the only source of the drinking and domestic water supply for Apatity is the Imandra lake, despite its being polluted by the waste water from numerous enterprises. Ore mining enterprises "Apatit" JSC, "Severonickel" JSC, housing and communal services "Apatityvodokanal" JSC, "Monchegorsk vodokanal" also use the lake as a waste water entity.

In the current system of water supply the Imandra lake water comes through metal pipes on 9 km distance to the pumping station of "Apatityvodokanal" JSC, where it is processed in water treatment facilities of Apatity. The water distributing net consists of more than 90 km of pipes with the inner diameter of 50-1000 mm. According to the data of "Apatityvodokanal", there is the secondary pollution in the water pipes (Table 1).

When studying the water supply of Apatity, the option of using underground water sources was considered. As a result of exploration works carried out in the 1980s in the Malaya Belaya river valley, the confined aquifer with high filtration properties was discovered. Specialists of the Mining Institute KSC RAS collected and analyzed geological, geophysical and hydrogeological data on this deposit. Jointly with the Geological Survey of Finland the chemical composition of the water was studied and field geophysical investigations of the Malaya Belaya river area were carried out, confirming the presence of water-bearing layers.

The upper water pressure layer of the glaciofluvial horizon is at the depth from 9.4 m on the left bank of the river up to 14.5 m of the right bank. Its thickness is not uniform and equals to 1.25 m and 7.4 m. Water hosting rocks are of gravel types with different grain size. Underground waters of rocks are connected with fractures. The pressure value varies from 47.4 m to 62.45m. The productive horizon of the water intake has the best filtration properties.

The geophysical research of the site was carried out using a georadar. A 3D model of the river valley was worked out, dividing the country rock and ground water horizon. The model is based on compiling and new geological data, gathered in field works. All data are in digital format and confirmed by the geological survey with GIS software applied. Fig. 1 shows field investigations of a ground water deposit near of Apatity. For the chemical composition to be evaluated, the water samples were taken from different sources. The concentration of the basic elements was lower than the maximum permissible values (Table 2).

To solve the problem of drinking water quality for the population of Apatity city it is recommended to use underground sources for water supply as the most secured from technogenic pollution impact and of high quality.

The underground water resource is sufficient to provide the all-year round water supply for the population of Apatity and its suburbs.

## ПРОЕКТ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА РОССИЙСКОЙ И БОЛГАРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Л.М. Лялина

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, lialina@geoksc.apatity.ru

В рамках международного научного сотрудничества между российской и болгарской академиями наук в 2009 г. стартовал проект № 66 «Редкометальная минерализация в гранитах S- и A-типов на примере перглинозёмистых гранитов Болгарии и щелочных гранитов Кольского п-ова, Россия; изменения минералов редких элементов в корах выветривания гранитов юго-западной Болгарии» (2009-2010) (рис. 1) по изучению акцессорной редкометальной минерализации в гранитах разных формационных типов. В проекте участвуют Геологический институт КНЦ РАН (Апатиты) и Центральная лаборатория минералогии и кристаллографии БАН (София). Руководители проекта: д-р М. Тарасов, зав. Лаборатории электронной микроскопии, учёный секретарь ЦЛМК, к.г.-м.н. Л.М. Лялина, н.с. Лаборатории геохронологии и изотопной геохимии ГИ КНЦ РАН.

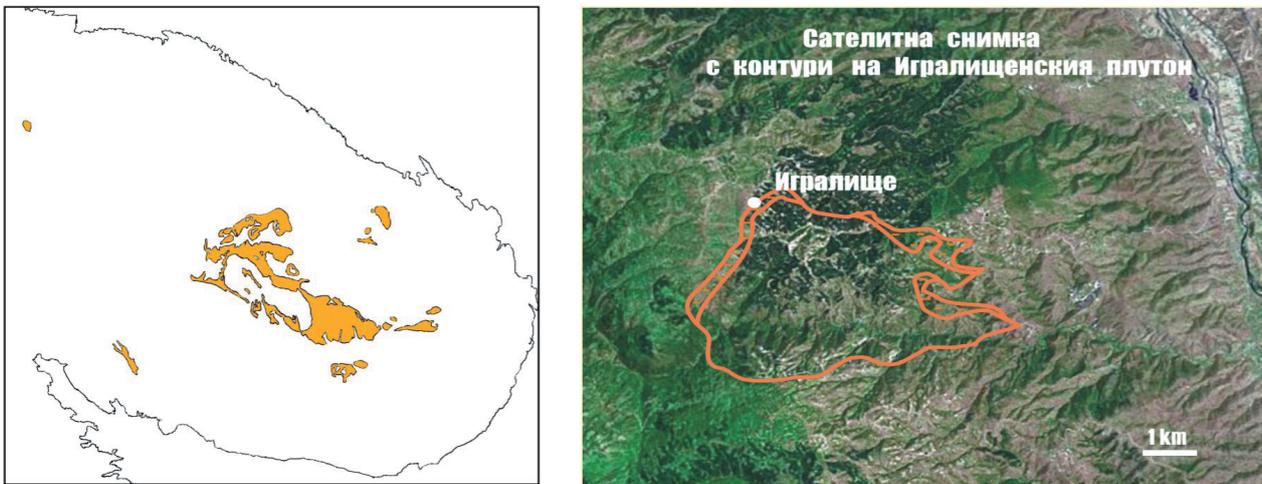


Рис. 1. Объекты исследования на Кольском п-ове (слева) и в Болгарии (справа).

Fig. 1. Objects to study on the Kola Peninsula (left) and in Bulgaria (right).

С гранитоидным магматизмом связаны наиболее многочисленные и разнообразные типы месторождений редких литофильных металлов. Редкие элементы (REE, Nb, Ta, Zr, Th, U) в этих образованиях не только изоморфно рассеяны в породообразующих минералах, но и образуют собственные минеральные виды, достигая содержаний, имеющих практическое значение. Редкие металлы обладают уникальными физическими и химическими свойствами, благодаря которым они находят применение как в традиционных (металлургия, машино- и приборостроение, радиотехника, медицина, электроника и др.), так и в современных (лазерная и атомная техника, сверхпроводники, сплавы, техническая керамика и мн. др.), отраслях промышленности. Не менее важна роль акцессорных минералов в геологических, геохимических, петрологических, геохронологических исследованиях. Современное развитие атомной промышленности остро обозначило проблему утилизации радиоактивных отходов. В связи с этим активно ведутся исследования различных минералов, в том числе и акцессорных, как возможных материалов для иммобилизации экологически опасных отработанных ядерных материалов.

Редкометальное минералообразование, связанное с гранитоидным магматизмом, весьма разнообразно по типам и механизмам рудоотделения и отложения, а также по набору металлов, дающих промышленные скопления. Помимо месторождений собственно редкометальных гранитов в связи с ними находятся пегматитовые, скарновые, грейзеновые, гидротермальные и метасоматические группы месторождений. Сравнительная минералогическая и изотопно-геохимическая характеристика (REE, Th, U, Nb, Zr)-содержащих акцессорных минералов и их вторичных продуктов будет проводиться на примере перглинозёмистых гранитов S-типа ЮЗ Болгарии и щелочных гранитов A-типа Кольского п-ова, Россия. Граниты перглинозёмистого и щелочного типов являются крайними членами в существующих систематиках гранитов, что позволяет проводить обоснованные парал-

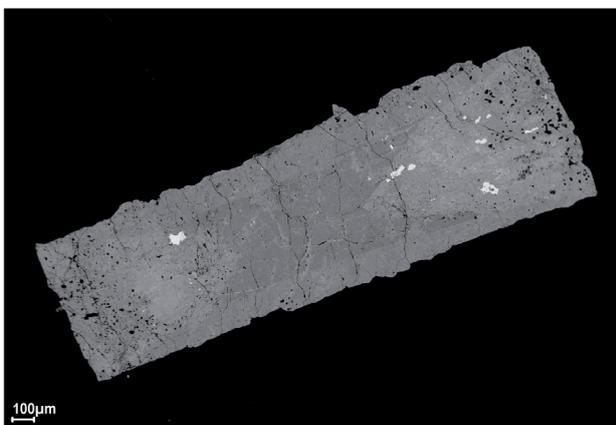
дели, находить сходства и различия в минералообразующих процессах, включающих REE, Nb, Ta, Zr, Th, U элементы. Цели настоящего проекта:

- корреляция процессов магматической кристаллизации акцессорных минералов REE, Nb, Ta, Zr, Th, U (кристаллохимия, фазовая и внутрифазовая неоднородности, изотопная характеристика) в гранитах различной формационной принадлежности;
- привлечение нетрадиционных акцессорных минералов в качестве геохронометров (титанит, алланит и др.) в U-Pb и Sm-Nd систематиках;
- установление механизмов и вторичных продуктов постмагматического изменения акцессорных минералов в гранитах двух типов;
- развитие метода электронно-зондового датирования (Th, U)-содержащих минералов в гранитах;
- оценка экологического риска, связанного с разрушением акцессорных минералов в эндогенных и экзогенных условиях.

Наиболее актуальны следующие направления изучения акцессорных минералов гранитных массивов (циркон, монацит, алланит, ксенотим, торит, уранинит, титанит, группы бритолита и пирохлора и др.):

- исследование высоколокальными методами внутрифазовой (зональность, секториальность, наличие унаследованных ядер) и фазовой (микровключения) неоднородностей минеральных индивидов; реконструкция генезиса минералов по результатам исследования анатомии индивидов, выявление стадий минералообразования и полигенных минеральных видов;
- изучение химического и изотопного (U-Sm-Sr) состава минералов с интерпретацией конкретных условий (состав и генезис магматического расплава по U-Pb и Sm-Nd данным) и времени (U-Pb и Sm-Nd датировки) кристаллизации;
- изучение продуктов изменения первичных акцессорных минералов в ходе поздне- и постмагматических этапов становления гранитных массивов и определение механизмов этих изменений;
- поведение минеральных носителей REE, Nb, Ta, Zr, Th, U в корках выветривания гранитоидов и почвах;
- разработка новых подходов к изучению минералов, включая локальные исследования их возраста с помощью электронно-зондового микроанализа.

В 2009 г. проведены исследования минералогии циркона в породах массива Сахарьёк, относящегося к формации щелочных гранитов – сиенитов Кольской части Балтийского щита. Массив



является одним из наиболее перспективных коренных источников циркония в России. По полученным данным представлена схема полистадийной кристаллизации циркона на всех этапах формирования массива: магматическом, постмагматическом/гидротермальном, метаморфическом. Результаты исследований опубликованы в центральной и местной печати (Докл. АН, Тр. VI Всерос. Ферсмановской научн. сессии 2009).

Рис. 2. Гадолинит из А-гранитов Кольского п-ова, РЭМ-фото, LEO EVO LS-25, ЦЛМК БАН.

Fig. 2. Gadolinite from A-granites of the Kola Peninsula, REM-photo, LEO EVO LS-25, CLMC BAS.

Начаты исследования циркона в постмагматических пегматитовых телах щелочных гранитов массива Белые тундры. Установлено разнообразие морфотипов циркона, их физических свойств и анатомии. Микронзондовые и электронно-микроскопические исследования дополняют полученную информацию и позволят предложить схему образования минерала на постмагматических этапах формирования щелочно-гранитной формации. В одном из пегматитовых тел щелочных гранитов установлен гадолинит-(Y), необычный своим природным кристаллическим состоянием (рис. 2). Он «обычен» в щелочных гранитах, но во всех месторождениях мира его находят в метамиктном состоянии. Наша находка крайне редка. Образцы с гадолинитом переданы для исследований в ЦЛМК. Начаты исследования минералов группы бритолита в гранитах и их поздних телах (силекситах). Прежде всего, исследования бритолитов будут направлены на изучение посткристаллизационных процессов изменения. При ревизии коллекции силекситов с богатой бритолитовой минерализацией установлены участки пород с явными продуктами выветривания. Это позволит сопоставить процессы и продукты различных типов вторичного изменения «бритолитов» - гидротермального и экзогенного.

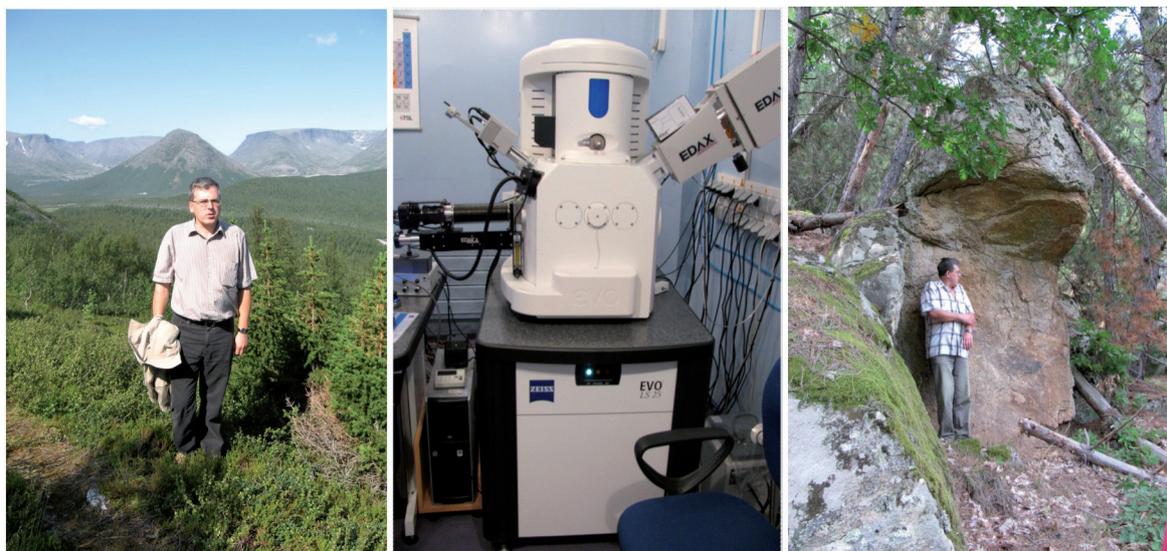


Рис. 3. Слева: визит д-ра М. Тарасова в г. Апатиты, август 2009 г. В центре: сканирующий электронный микроскоп – микроанализатор Philips SEM515 - WEDAX-3A, ЦЛМК БАН. Справа: граниты Игралещенского плутона в ЮЗ Болгарии, сентябрь 2009 г.

Fig. 3. Left: visit of Dr. M. Tarasov to Apatity, August, 2009. Centre: scanning electron microscope – microanalyzer Philips SEM515 - WEDAX-3A, CLMC BAS. Right: granites of the Igralishchensky pluton in SW Bulgaria, September, 2009.

В прошедшем году произошёл обмен визитами участников проекта (рис. 3). В августе ГИ КНЦ РАН посетил руководитель проекта с болгарской стороны М. Тарасов. Он познакомился с аналитической базой Института и коллекционным материалом (образцы пород, руд, минералов, препараты различного типа). Состоялись геологические экскурсии на полигон Воче-Ламбина и эклогиты Широкой Салмы. В сентябре состоялся ответный визит участников проекта с российской стороны Е.Э. Савченко и Д.Р. Зозули в ЦЛМК. Были осмотрены современные аналитические приборы, продемонстрирована техника проведения анализов. Российские участники проекта побывали на Игралещенском плутоне гранитов Сербо-Македонского массива в ЮЗ Болгарии. Состоялся обмен материалами для исследований в лабораториях участников проекта.

## **PROJECT ON INTERNATIONAL COOPERATION OF THE RUSSIAN AND BULGARIAN ACADEMIES OF SCIENCES**

**L.M. Lialina**

**Geological Institute KSC RAS, Apatity, lialina@geoksc.apatity.ru**

The year 2009 saw the launch of the new Project 66 “Rare metal mineralization in granites of S- and A-types on the example of high-alumina granites of Bulgaria and alkaline rocks of the Kola Peninsula, Russia; changes of rare element minerals in the weathering crusts of granites of SW Bulgaria” (2009-2010) in the framework of international cooperation between the Russian and Bulgarian Academies of Sciences (Fig. 1). The partners are the Geological Institute KSC RAS (Apatity) and Central Laboratory for Mineralogy and Crystallography BAS (Sofia). Leaders of the projects: Dr. M. Tarasov, Head of Laboratory for Electron Microscopy, Scientific Secretary of CLMC, Cand. Sci. (Geol.-mineral.) L.M. Lialina, Scientific Researcher of Laboratory for Geochronology and Isotope Geochemistry GI KSC RAS.

Numerous and various types of rare lithophile metals deposits are connected with the granitoid magmatism. Rare elements (REE, Nb, Ta, Zr, Th, U) are not only isomorphically disseminated in rock-forming minerals, but also form their own mineral species, their content thus becoming practically valuable. Rare metals have unique physical and chemical properties that provide their use both in traditional (metallurgy, mechanical engineering, instrument-making, radiotechnics, medicine, electronics) and modern (laser and atomic engineering, superconductors, alloys, technical ceramics, etc.) industries. The role of accessory minerals is no less important in the geological, geochemical, petrological, geochronological research. The utilization of radioactive wastes is vital for the contemporary development of the atomic industry. In this connection the research of various minerals, accessory ones inclusive, as prospective materials for immobilizing dangerous atomic wastes is being actively carried out.

The rare metal mineral-forming connected with the granitoid magmatism fairly varies in its types,

processes of the ore separation and sedimentation and the set of metals providing industrial accumulations. Along with deposits of rare metal granites themselves, these are connected with pegmatite, skarn, greisen, hydrothermal and metasomatic deposit groups. The comparative mineralogical and isotope-geochemical characteristics of (REE, Th, U, Nb, Zr)-bearing accessory minerals and their secondary products will be carried out on the example of high-alumina S-type granites of SW Bulgaria and A-type alkaline rocks of the Kola Peninsula, Russia. High-alumina and alkaline granites are the extreme members of the existing granites systematics, which grounds our comparing them with each other and finding similar and different features in mineralogical processes with REE, Nb, Ta, Zr, Th, U elements. Major aims of the current project are to follow:

- correlation of processes of the magmatic crystallization of REE, Nb, Ta, Zr, Th, U accessory minerals (crystallochemistry, phase and interphase heterogeneity, isotope characteristics) in granites of various formation history;
- using non-traditional accessory minerals as geochronometers (titanite, allanite, etc.) in U-Pb and Sm-Nd systematics;
- determining mechanisms and secondary products of accessory minerals postmagmatic changes in granites of two types;
- upgrading the method of electron-probing dating of (Th, U)-bearing minerals in granites;
- estimating the ecological risk of accessory minerals destroying in endogenic and exogenic conditions.

Coming below are the most topical areas of studying accessory minerals of granite massifs (zircon, monazite, allanite, xenotime, torite, uraninite, titanite, britolite and pyrochlore groups, etc.):

- studying with high autochthonous methods of interphase (zoning, dividing into sectors, presence of inherited cores) and phase (microinclusions) heterogeneities of mineral individuals; reconstructing the genesis of minerals according to results of studying the anatomy of individuals; defining the formation stages of minerals and polygenic mineral species;
- studying the chemical and isotopic (U-Sm-Sr) composition of minerals, interpreting certain conditions (composition and genesis of a magmatic melt using U-Pb and Sm-Nd data) and time (U-Pb and Sm-Nd dating) of crystallization;
- studying products of changes of primary accessory minerals in late and postmagmatic formation stages of granite massifs and defining mechanisms of their interrelation;
- behavior of mineral tracers of REE, Nb, Ta, Zr, Th, U in weathering crusts of granitoids and soils;
- elaborating new approaches to study minerals, including local analysis of their age with an electron-probing microanalysis.

In 2009 the mineralogy of zircon in the Sakharjok massif, the latter belonging to the alkaline granites – syenites of the Kola Baltic Shield, was studied. The massif is one of the most promising native sources for zircon in Russia. Presented on the basis of the gathered data was the scheme of the zircon polystage crystallization on all stages of the massif forming: magmatic, postmagmatic/ hydrothermal, metamorphic ones. Results of the research were published in the central and local press (Reports of Academy of Sciences, Proc. VI All-Russ. Fersman Sci. Session 2009).

The analysis of the zircon in postmagmatic pegmatite bodies of alkaline granites of the Belye tundras massif started. It was defined that the zircon has various morphotypes, their physical properties and anatomy. Microprobe and electronic-microscope analyses will contribute to the gathered data and help to elaborate the scheme of a mineral forming on the postmagmatic stages of an alkaline-granite formation. In one of the pegmatite bodies of the alkaline granites a gadolinite-(Y) was found. The latter is remarkable for its natural crystalline condition (Fig. 2). It is common for alkaline granites, but in all deposits in the world it occurs in the metamict condition. Our find is very rare. Samples with gadolinite were passed to CLMC to be studied there. Studying the britolite group minerals in granites and their later occurred bodies (silexites) began. First of all, the analysis of britolites will aim at studying postcrystallization changes processes. When the collection of silexites with a rich britolite mineralization was studied, sections of rocks with actual weathering products were found. This will provide a comparative analysis of processes and products of various types of the “britolites” secondary changes – hydrothermal and exogenic ones.

Last year there was an interchange of the partners' visits (Fig. 3). In August Bulgarian project leader Dr. M. Tarasov visited GI KSC RAS. He got acquainted with the analytical base of the Institute and the material collection (samples of rocks, ores, minerals, various slides, etc.). Geological excursions to the Voche-Lambina range and the Shirokaya Salma eclogites were carried out. In September Russian participants of the project E.Eh. Savchenko and D.R. Zozulya paid CLMC a return visit. They studied the modern analytical equipment, appreciated the analysis technique and its results. The Russian partners visited the Igralishchensky plunon of the Serbian-Macedonian massif granites in SW Bulgaria. The parties exchanged materials to study in their laboratories.

# ПЕРСПЕКТИВЫ СОТРУДНИЧЕСТВА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА КНЦ РАН И ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ КИТАЙСКОЙ АКАДЕМИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Ю.Н. Нерадовский

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, nerad@geoksc.apatity.ru

В настоящее время Россия является лидером в познании глубинных частей земной коры в континентальной части на основе сверхглубокого бурения. По результатам бурения СГ-3 получены уникальные материалы о строении и свойствах пород и металлогении на глубинах до 12261 м (рис.1). Особенно сложен разрез архейских пород на глубинах 6842-12261 м (рис. 2). Эти данные привлекают пристальное внимание мировой науки, особенно в связи с реализацией новых проектов по геологическому изучению земной коры глубокими скважинами. Такой проект, в частности, осуществляется в КНР. По данным ведущего специалиста проф. Д. Янга, в КНР закончен первый этап бурения до глубины 5 км (рис. 3) и решается вопрос о месте заложения сверхглубокой скважины, способной побить российский рекорд.

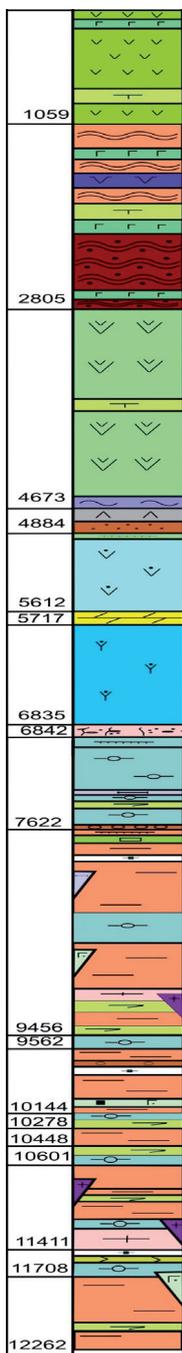


Рис. 1. Общий вид СГ-3 (вверху) и колонка пород, пересечённых скважиной (слева), по материалам В.Ф. Смолькина.

Fig. 1. General view at SD-3 (top) and the column of the rocks cross-cut by the borehole (left), by V.F. Smol'kin.

В связи с этим КНР проявляет большой интерес к исследованиям керна СГ-3 и особенно глубокометаморфизованных пород. В 2008-2009 гг. в Геологическом институте КНЦ РАН побывали две делегации КНР с целью ознакомления с геологией и металлогенией Кольского региона и керном СГ-3. В ходе визитов состоялись научные семинары по обмену опытом исследований, обсуждались вопросы геологии и металлогении Балтийского щита и Китая. Особый интерес проявлен к исследованиям глубинного строения верхней части земной коры по данным сверхглубокого бурения. Китайская сторона продемонстрировала высокие технические возможности исследования минерального состава и изотопии элементов на малых количествах вещества. Рассмотренные в ходе семинаров материалы показали большие возможности обеих сторон и выявили взаимные интересы, что было положено в основу Соглашения о совместном изучении геологии и металлогении земной коры на больших глубинах. Для поисковых исследований китайской стороне переданы дубликаты эталонных образцов керна основных типов пород с различных глубин.

Наиболее перспективными представляются исследования структуры и минерального состава пород и руд в связи с процессами метаморфизма в глубоких зонах земной коры, выведенных на поверхность последующими тектоническими процессами. Эти исследования позволят сопоставить поведение минералов в условиях медленного (Балтийских щит) и быстрого (Китай) подъёма пород с глубин на поверхность. В настоящее время ведётся работа по составлению проекта совместных исследований.

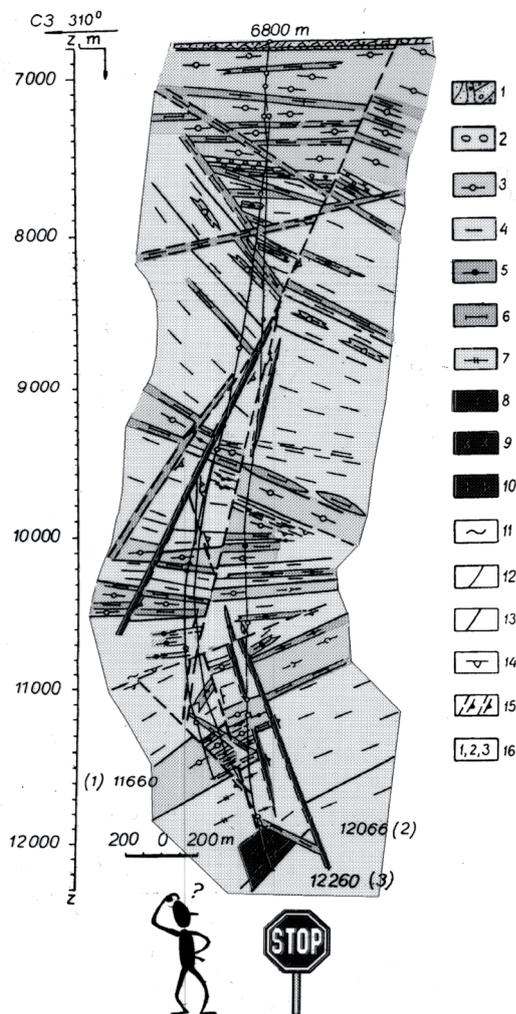


Рис. 2. Архейский комплекс фундамента Печенгской структуры по результатам бурения СГ-3, по материалам В.Р. Ветрина и Ф.Ф. Горбачевича.

1 – косослоистые песчаники с прослоями конгломератов (протерозой), 2 – метаморфизованная кора выветривания, 3 – биотит-плагиоклазовые гнейсы с высокоглинозёмистыми минералами, 4 – биотит – (амфибол) – плагиоклазовые гнейсы, 5 – железистые кварциты и амфибол-магнетит-кварцевые сланцы, 6 – пара- и ортоамфиболиты, 7 – породы амфиболит-тоналит-плагиогранитного комплекса, 8 – син- и позднескладчатые плагиомигматиты, граниты и пегматоиды, 9 – мусковит-микроклиновые метасоматиты, 10 – постскладчатые граниты и пегматиты, 11 – хлоритизация, 12 – контакты слоёв, тел, 13 – границы толщ, 14 – милонитизация, катаклиз, брекчирование, 15 – тектонические разломы и швы, 16 – номера стволов в хронологической последовательности.

Fig. 2. Archaean complex of the Pechenga structure basement according to the SD-3 drilling results, by V.R. Vetrin and F.F. Gorvatsevich.

1 – cross-bedded sandstones with parting conglomerates (Proterozoic), 2 – metamorphosed weathering crust, 3 – biotite-plagioclase gneisses with high-alumina minerals, 4 – biotite – (amphibole) – plagioclase gneisses, 5 – ferrous quartzites and amphibole-magnetite-quartz schists, 6 – para- and ortho-amphibolites, 7 – rocks of the amphibolite-tonalite-plagiogranite complex, 8 – syn- and lately folded plagiomigmatites, granites and pegmatoids, 9 – muscovite-microcline metasomatites, 10 – post-folded granites and pegmatites, 11 – chloritization, 12 – contacts of layers, bodies, 13 – borders of the sequences, 14 – mylonitization, cataclasm, brecciation, 15 – tectonic faults and junctions, 16 – numbers of the bore holes chronologically ordered.

**От редактора.** Будет уместным напомнить, что в текущем году исполняется 40 лет со дня заложения Кольской сверхглубокой скважины, известной всему миру под лаконичным именем СГ-3 (SD-3). Безусловно, этот дорогостоящий (поговаривают, что полёт американцев на Луну стоил примерно столько же) проект состоялся. Скважина дала огромную информацию о строении земной коры и металлогении Печенгской структуры на больших глубинах. Написано несколько монографий, в том числе на английском языке. КERN в значительной мере сохранён и ждёт нового витка изучения – под новые идеи и на качественно новом оборудовании.

Сожаление вызывает другое. Как водится в России, по окончании проекта на место работ пришла разруха. Если не принять срочных мер, инфраструктура будет окончательно уничтожена. Совсем недавно в недрах Российской академии наук возникла идея реанимировать скважину, создав на её основе научно-образовательный центр с широким спектром задач: геофизические исследования околоскважинного пространства, обучение среднего профессионального бурового



Рис. 3. Памятная медаль в честь окончания первого этапа бурения в КНР.

Fig. 3. Memorable medal in honor of finishing the first stage of the deep drilling in China.

персонала, проведение научных и просветительских конференций, в том числе международного уровня. Наконец, целесообразно включить этот объект в геотуристические маршруты по Кольскому п-ову. Очевидно, всё это возможно лишь на основе стабильного государственного финансирования, поскольку российский бизнес сегодня ориентирован исключительно на огромные прибыли. А жаль...

## **COOPERATION PERSPECTIVES OF THE GEOLOGICAL INSTITUTE KSC RAS AND THE INSTITUTE OF GEOLOGY OF CHINESE ACADEMY OF GEOLOGICAL SCIENCES**

**Yu.N. Neradovsky**  
**Geological Institute KSC RAS, Apatity, [nerad@geoksc.apatity.ru](mailto:nerad@geoksc.apatity.ru)**

Russia is a current leader in investigating deep parts of the Earth's continental crust using superdeep drilling. Drilling of SD-3 provided unique materials on rocks composition, properties and metallogeny on depths up to 12261 m (Fig. 1). The section of the Achaean rocks at the depths of 6842-12261 m is a particular challenge for analysis (Fig. 2). These data are of rapt attention of the world science, especially due to newly launched projects on geological study of the Earth's crust with deep boreholes. In particular, such a project is being carried out in Chinese People's Republic. According to the data of leading expert Prof. J. Yang, the first stage of drilling is finished at the depth of 5 km (Fig. 3). Now the location of the superdeep borehole to beat the Russian record is being discussed.

Therefrom, China reveals immediate interest in studying the SD-3 drill core and, particularly, deep-metamorphosed rocks. In 2008-2009 the Geological Institute KSC RAS hosted two Chinese delegations that aimed at knowing on the Kola region geology and metallogeny and studying the SD-3 drill core. During the visits scientific seminars on data and experience exchange were carried out, issues of geology and metallogeny of the Baltic Shield and China were discussed. The study of deep structure of the Earth's upper crust using superdeep drilling was of particular interest to the Chinese colleagues. They displayed hi-tech aids of studying mineral composition and isotopy of elements using small amount of the material. The workshops revealed both parties having great possibilities and mutual interest in the matter. The latter grounded the agreement on mutual study of geology and metallogeny of the earth's crust on great depths. The Russian party granted its Chinese colleagues with duplicates of the SD-3 drill core etalon samples of basic rocks from different depths.

Most promising is the study of the ores and rocks structure and mineral composition in connection with metamorphism processes in deep zones of the Earth's crust that were uplifted on the surface by succeeding tectonic processes. The research will provide comparing of behavior of minerals in slow (Baltic Shield) and fast (China) rocks uplifting. Currently, a new project of joint research is being worked out.

**Editor's note.** It is up to the point to remind you, that the current year sees the 40<sup>th</sup> anniversary of laying down the Kola Superdeep Borehole, world-known as SD-3. Certainly, this expensive (they say, the Americans' flight to the Moon cost approximately the same) project was worthy the penny. The Borehole provided lots of information on the Earth's crust composition and metallogeny of the Pechenga structure of great depths. Several monographs were written, in English as well. Major part of the core is preserved and waiting for some new study to be subjected to – with new ideas as a basis and hi-tech equipment.

The pity is, that as common with Russia, the disruption comes to the place of research when a project is over. If we fail to take urgent measures, the infrastructure will be totally destroyed. Recently, the Russian Academy of Sciences announced the idea to reanimate the Borehole and create there a multi-functional scientific-educational centre, carrying out geophysical research of the adjacent area, educating the drilling staff, organizing scientific and educational conferences, international ones inclusive. Finally, this object is worth of including in geotourist routes on the Kola Peninsula. It is obvious that all this is only possible with some constant state financial maintenance, for the Russian business is now great profit-oriented only. But I wish it weren't...

## РАДИОАКТИВНЫЕ ТРАССЕРЫ СКОРОСТИ МИГРАЦИИ ПРИРОДНЫХ ВОД: $^3\text{H} - ^3\text{He}$ СИСТЕМАТИКА

И.Н. Толстихин

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, igor.tolstikhin@gmail.com

Движение – фундаментальный признак природных вод и основной фактор, регулирующий эволюцию воды. Поскольку при движении меняется её положение в пространстве и времени, эти параметры становятся ключевыми в понимании и моделировании движения. Часто наблюдения указывают на смещение массы воды в пространстве. Но временная шкала течений приповерхностных вод, не наблюдаемых напрямую, подчас не заметна. Для её обнаружения используются временные трассеры.

Временную информацию можно извлечь из точно установленной скорости распада соответствующего радиоактивного изотопа в данной порции воды. Но чтобы измерить возраст воды, т.е. временной интервал, прошедший между её отделением от равновесия с атмосферой и временем взятия пробы, необходимо иметь первичные (по возможности восстановленные) и окончательные (измеряемые) концентрации трассеров.  $^3\text{H} - ^3\text{He}$  систематика – единственная, не требующая и даже способная ограничить использование первичной концентрации исходного изотопа. Этот уникальный трассер сегодня является одним из самых предпочтительных инструментов земной гидрологии.

Идея использовать дочерний изотоп трития  $^3\text{He}_{\text{TRI}}$  для  $^3\text{H} - ^3\text{He}$  датирования возникла при открытии аномально высоких концентраций  $^3\text{He}$  в вулканическом гелии, выделяемом горячими источниками на Курильских о-вах. Среди остальных причин данного явления приводят образование  $^3\text{He}$  из  $^3\text{H}$  [1]. Вследствие крайне высоких концентраций  $^3\text{H}$  в метеоритной воде в середине 1960-х гг. накопление  $^3\text{He}_{\text{TRI}}$  при распаде  $^3\text{H}$  в подземных водах могло привести сильному  $^3\text{He}_{\text{TRI}}$  сигналу. Хотя этот источник  $^3\text{He}$  был опровергнут, в своей работе [2] мы смогли показать, что  $^3\text{H}$  и  $^3\text{He}$  вместе являются достаточно перспективным гидрологическим трассером, и предложили использовать его в гидрологии. Важными признаками  $^3\text{H} - ^3\text{He}$  трассера являются следующие.

(1)  $^3\text{H}$  – радиоактивный нуклид, входящий в молекулы воды, т.е. наилучший из её возможных трассеров. Период полураспада  $^3\text{H}$  ( $\lambda_3 = 12.26$  лет) даёт возможность определить время нахождения  $\text{He}$  в порции воды, изолированной от атмосферы, на временной шкале до 50 лет, что наиболее важно для прогнозирования, планирования и принятия решений.

(2) Как правило, сегодня  $^3\text{H}$  генерируется ядерными технологиями (атомные реакторы и др.). Следовательно, его источники распределены крайне неоднородно. Это приводит к не постоянным в пространстве и времени концентрациям  $^3\text{H}$  в метеоритных водах. Если имеется дочерний изотоп  $^3\text{He}_{\text{TRI}}$ , то знание его концентраций – входная функция  $^3\text{H}(t)$  – более не имеет значения. Использование суммы  $^3\text{H} + ^3\text{He}_{\text{TRI}}$  в качестве трассера «стабильного изотопа» признано эффективным.

(3)  $\text{He}$  непрерывно выделяется из земной атмосферы. Установлено, что время его нахождения в данном резервуаре ~ 1 млн лет [5]. Следовательно, фоновое количество атмосферного  $\text{He}$  в насыщенной воздухом воде и подземных водах невелико. Данный аргумент подтверждается, если  $^3\text{He}$  рассматривается как отношение  $^3\text{He} / ^4\text{He}$  в земном  $\text{He}$ , являющееся довольно низким, как правило,  $< 10^{-5}$  [4]. По этим причинам  $^3\text{He}$  – наименее распространённый изотоп на Земле. Т.о., присутствие  $^3\text{He}_{\text{TRI}}$  в некоторых случаях может характеризовать очень молодые воды с возрастом в несколько дней [6].  $\text{He}$  – наиболее инертный элемент в природе и, значит, наиболее устойчивый трассер воды.

(4) В основном  $^3\text{He}$  привносится в подземные воды из трёх источников: атмосферного (первичные концентрации благородных газов в пробе установлены на «recharge», обозначение ATM), терригенного (из горных пород, TER) и трития (TRI). В последнем случае необходимо определить первые два источника. Для этого нужны дополнительные данные или моделирование.

(5) Возраст воды по  $^3\text{H} - ^3\text{He}$  систематике должен считаться предполагаемым из-за поведения природных вод как открытой системы:

(5.1)  $^3\text{He}_{\text{TRI}}$  может выделяться по границам водной массы;

(5.2) смешение водных масс с различными отношениями  $^3\text{H} / ^3\text{He}_{\text{TRI}}$  влияет на возраст изоляции;

(5.3) перераспределение  $^3\text{H}$  и  $^3\text{He}_{\text{TRI}}$  между сосуществующими породами с различной пористостью может привести к нереальным возрастам, отличающимся от действительных значений до двух раз.

Существуют три основные обстановки, в которых изоляция  $^3\text{H}$ -носных метеоритных вод из атмосферы способствует накоплению  $^3\text{He}_{\text{TRI}}$ : озёра, морские и океанические воды и подземные воды. В настоящее время опытное оборудование для  $^3\text{H} - ^3\text{He}$  датирования готовится к работе в Геологическом институте КНЦ РАН. Наиболее важный вопрос – точность масс-спектрометрических измерений отношений  $^3\text{He} / ^4\text{He}$  и  $^{20}\text{Ne} / ^4\text{He}$  в газах, извлечённых из воды. По предварительным оценкам,

ошибки  $\pm 2\%$ . В подземных водах Апатитско-Кировского региона эти отношения находятся в диапазоне  $\approx 40\%$  и с умножением на 2 [3]. Точность измерений позволяет использовать  $^3\text{H} - ^3\text{He}$  систематику для датирования подземных вод Кольского п-ова (рис.) и соседних р-нов Финляндии и Норвегии.

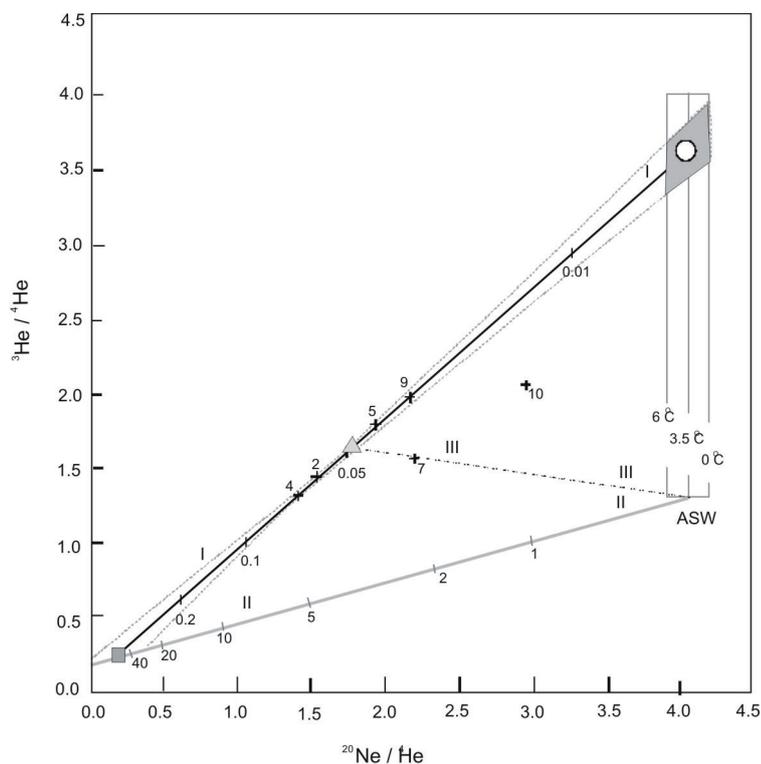


Рис. Корреляции отношений  $^3\text{He}/^4\text{He}$  и  $^{20}\text{Ne}/^4\text{He}$  в подземных водах из артезианских скважин, Кировский р-н.

Обозначения: крест – измеренные отношения в скважине, цифра рядом – номер скважины, сплошная линия I-I – регрессия без учёта скв. 7 и 10, серые пунктирные линии – 95 % доверительный интервал; ASW – растворённый воздух, т.е.  $(^{20}\text{Ne}/^4\text{He})_{\text{AIR}} = 4.03$  для средней температуры Хибинских осадков  $3.5^\circ\text{C}$ , также показаны два предельных значения для  $0$  и  $6^\circ\text{C}$ ; чёрный квадрат – конечный член древних вод (возраст 0.1 млн лет); кружок – конечный член молодых вод (средний возраст  $15.8 \pm 1.5$  лет, заштрихованный ромб – вероятная область вод с молодым возрастом), цифры рядом с линией I-I – кратность массы древних вод от общего баланса воды; серые треугольники – координаты скв. 7, полученные интерполяцией координат соседних скв. 2, 8 и 9. Линия II-II – уменьшение накопления  $\text{He}_{\text{TER}}$  в древних водах с течением времени ( $\times 1000$  лет). Линия III-III – смешение современных (поверхностных) и подземных вод.

Fig. Correlations between the  $^3\text{He}/^4\text{He}$  and  $^{20}\text{Ne}/^4\text{He}$  ratios in ground waters from the water-supplying wells (Kirovsk region). Symbols: cross – measured ratios in a well, number nearby – well number, solid line I-I – regression (without wells 7 and 10), dashed grey lines – 95 % confidence interval; ASW – dissolved air, i.e.,  $(^{20}\text{Ne}/^4\text{He})_{\text{AIR}} = 4.03$  for the mean temperature of the Khibiny precipitations  $3.5^\circ\text{C}$  two other (extreme) values for  $0$  and  $6^\circ\text{C}$  are also shown; black square – the old water end-member (age 0.1 Myr); open circle – young water end-member (the mean age is  $15.8 \pm 1.5$  yr, shadowed rhomb show a probable domain of young water age), numbers near line I-I – mass-ratios of the old water over the total water-budget; grey triangle – coordinates for well 7, inferred from interpolation of coordinates for neighbour wells 2, 8 and 9. Line II-II – decrease of the ratios  $\text{He}_{\text{TER}}$  accumulation in the old waters in the course of time (numbers are times of accumulation,  $\times 1000$  years). Line III-III – mixing of present-day water and ground water.

1. Мамырин Б.А., Толстикхин И.Н., Ануфриев Г.С. и др. Аномальные изотопные составы гелия в вулканических газах // Докл. АН СССР. 1969. № 184(5). С. 1197-1199.
2. Толстикхин И.Н., Каменский И.Л. О возможности определения возраста грунтовых вод методом  $^3\text{H} - ^3\text{He}$  // Геохимия. 1969. № 8. С. 1027-1029.
3. Kamensky I.L., Tokarev I.V., Tolstikhin I.N.  $^3\text{H} - ^3\text{He}$  dating: a case for mixing of young and old groundwaters // Geochim. Cosmochim. Acta. 1991. N 55(10). P 2895-2899.
4. Mamyrin B.A., Tolstikhin I.N. Helium isotopes in nature // Developments in Geochemistry. V 3. Elsevier Sci. Pub. Amsterdam. 1984. P 273.
5. Pudovkin M.I., Tolstikhin I.N., Golovchanskaya I.V. Recent achievements in helium isotope dissipation research // Geochim. J. 1981. N 15. P 51-61.
6. Torgersen T., Top Z., Clarke W.B., Jenkins W.J., et al. A new method for physical limnology - tritium-helium-3 ages - results for Lakes Erie, Huron, and Ontario // Limnol. Oceanograph. 1977. N 22(2). P 181-193.

## RADIOACTIVE TRACERS OF MIGRATION RATES OF NATURAL WATER: $^3\text{H} - ^3\text{He}$ SYSTEMATICS

I.N. Tolstikhin

Geological Institute KSC RAS, Apatity, igor.tolstikhin@gmail.com

The movement is a fundamental feature of natural waters and the major factor governing the water evolution. Since movement changes the position of a water parcel in space and time, these two parameters are principal to understand and model the movement. The displacement of the parcel in space can often be derived directly from observations. In contrast, the time scales of subsurface (not directly observable) water flows are generally hidden. Time-bearing tracers are used to reveal them.

The time information is generally extracted from the precisely known decay rate of a suitable radioactive isotope available in the parcel. However, to measure the water age, i.e. the time interval between the water parcel separation from equilibrium with the atmosphere and time of sampling, the initial (restored when possible) and final (measurable) tracer concentrations are required.  $^3\text{H} - ^3\text{He}$  systematics is the one that does not need (but even able to constrain) the initial concentration of the parent isotope. This unique tracer is currently one of the most favorite tools of terrestrial hydrology.

The idea of using  $^3\text{He}_{\text{TRI}}$  tritium daughter isotope, for  $^3\text{H} - ^3\text{He}$  dating was inspired by the discovery of anomalously high  $^3\text{He}$  abundances in volcanic helium emanated by hot springs (Kuril islands). Among other reasons of this phenomenon, there is the  $^3\text{He}$  production from  $^3\text{H}$  [1]. Because of the extremely high  $^3\text{H}$  concentrations in meteoric waters in mid-sixties,  $^3\text{He}_{\text{TRI}}$  accumulation from  $^3\text{H}$  decay in the ground water could result in a substantial  $^3\text{He}_{\text{TRI}}$  signal. Even though this source of  $^3\text{He}$  was disproved, we managed to show in our work [2], that the  $^3\text{H} - ^3\text{He}$  duo is quite a perspective hydrological tracer and proposed its using in hydrology. Important features of  $^3\text{H} - ^3\text{He}$  tracer are as follows.

(1)  $^3\text{H}$  is a radioactive nuclide available in water molecules and is therefore the best possible water tracer. Half-life of  $^3\text{H}$ ,  $\lambda_3 = 12.26$  years gives an opportunity to determine He residence times in water parcels (isolated from the atmosphere) on the time scale of up to 50 years, which is the most important for predicting, planning and making decisions (Jenkins, 2003).

(2) At present  $^3\text{H}$  is mainly generated by nuclear technologies (e.g., atomic power stations, reactors, etc.); therefore its sources are distributed highly heterogeneously; this results in variable (in space and time) concentrations of  $^3\text{H}$  in meteoric waters. With the daughter isotope  $^3\text{He}_{\text{TRI}}$  knowledge of these concentrations, the input function  $^3\text{H}(t)$ , is no longer necessary. Using the  $^3\text{H} + ^3\text{He}_{\text{TRI}}$  sum as a “stable isotope” tracer was proved to be useful.

(3) He is continuously escaping from the Earth’s atmosphere; its residence time in this reservoir was inferred to be as short as  $\sim 1$  Ma [5]. Therefore the background of atmospheric He in air saturated water (and ground water) is small. This argument is amplified if  $^3\text{He}$  is considered as  $^3\text{He} / ^4\text{He}$  ratios in terrestrial helium are rather low, generally below  $10^{-5}$  [4]. Because of these two reasons  $^3\text{He}$  is far the least abundant isotope on the Earth. Therefore input of  $^3\text{He}_{\text{TRI}}$  can be indicated in some cases in very young waters, giving as short ages as a few days [6]. He is the most inert element in nature and therefore the most conservative water tracer.

(4) Generally, three different sources contribute  $^3\text{He}$  to a ground water sample: atmospheric (initial air noble gas concentrations in the sample are set at “recharge”, subscript ATM), terrigenic (released from rocks, TER), and tritigenic (TRI). To derive the latter, the other two must be determined. To overcome this complication additional data / modeling are required.

(5) Age of a water sample derived from  $^3\text{H} - ^3\text{He}$  systematic should be considered as apparent because open system behavior of natural waters:

(5.1)  $^3\text{He}_{\text{TRI}}$  can escape through parcel boundaries;

(5.2) mixing water parcels with different  $^3\text{H} / ^3\text{He}_{\text{TRI}}$  ratios affects the isolation ages;

(5.3) redistribution of  $^3\text{H}$  and  $^3\text{He}_{\text{TRI}}$  between coexisting rock with different porosity could result in unrealistic ages, differing up to a factor of 2 from the true values.

There are three major environments, where isolation of  $^3\text{H}$ -bearing meteoric water from the atmosphere allows  $^3\text{He}_{\text{TRI}}$  to be accumulated: lakes (limnology), sea and oceanic waters (oceanography) and ground waters (hydrology). Currently, the experimental equipment for  $^3\text{H} - ^3\text{He}$  dating is being prepared to work on in the Geological Institute KSC RAS. The most important issue is the accuracy of mass-spectrometric measurements of  $^3\text{He} / ^4\text{He}$  and  $^{20}\text{Ne} / ^4\text{He}$  ratios in gases extracted from a water sample. According to preliminary estimates, the respective errors (1 s) are within  $\pm 2$  %. In the ground waters of the Apatity and Kirovsk regions these ratios vary within  $\gg 40$  % and by the factor of 2 respectively [3]. The accuracy of measurements allows the  $^3\text{H} - ^3\text{He}$  systematics to be applied for dating of ground waters of the Kola Peninsula and neighbor regions of Finland and Norwegian.

**ГЕОТУРИЗМ**  
**GEOTOURISM**



## ГЕОТУРИЗМ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПРИГРАНИЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

Ю.Л. Войтеховский<sup>1</sup>, Р. Пиетиля<sup>2</sup>, П. Йоханссон<sup>2</sup>, Й. Пихлайя<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, woyt@geoksc.apatity.ru

<sup>2</sup>Геологическая служба Финляндии, Северный офис, Рованиemi, risto.pietila@gtk.fi

Идея развития геотуризма на Кольском п-ове на международном уровне возникла примерно в одно время по обе стороны государственной границы, что говорит об актуальности проблемы. Ей была посвящена встреча с финской делегацией на Международном семинаре в Апатитах 6 апреля 2009 г. (День геолога 2009 // Тьетта. 2009. № 2(8). С. 29-32), на Международном семинаре «Varents Tourism Today and Tomorrow» в Рованиemi 6-7 мая 2009 г. (Геотуризм на Кольском полуострове – пора объединить усилия // Тьетта. 2009. № 3(9). С. 36-38), во время визита финской делегации в Апатиты 20 января 2010 г., во время визита российской делегации в Эспоо 25 марта 2010 г., наконец, во время Международного круглого стола «Устойчивое развитие и международное сотрудничество», посвящённого Дню геолога, 5 апреля 2010 г. Встречи этого года были стимулированы тем важным обстоятельством, что среди конкурсных проектов приграничного сотрудничества соответствующая комиссия Евросоюза объявила проекты, посвящённые развитию геотуризма и сохранению геонаследия – памятников геологической природы и древней материальной культуры человека.

Тон в диалоге задают финские коллеги, уже разработавшие инфраструктуру на интересные с туристической точки зрения уголки Финляндии. В качестве примеров российской стороне были продемонстрированы адаптированные геологические и топографические карты м-ба 1:50000 и карманного формата путеводители на площади национальных парков Коли и Лемменйоки, а также район Ивалойоки – Саариселька, всегда привлекавший любителей намыть аллювиального золота старательским методом. Одним словом, бери – и иди, не забыв захватить туристское снаряжение и предупредить службу национального парка о маршруте движения и контрольных сроках. Российская сторона продемонстрировала финским коллегам богатые материалы по Хибинам и Мончегорскому р-ну (топографические и геологические карты, схемы, фото, буклеты), ранее использованные при проведении международных и всероссийских научных конференций. После адаптации они лягут в основу геотуристических карт и буклетов. Средства по проекту Евросоюза нужны, главным образом, для издания печатных материалов в качественном полиграфическом исполнении.

На фото: обсуждение будущего проекта во время мероприятий 20 января и 5 апреля 2010 г.





## **GEOTOURISM – PROMISING TREND OF CROSS-BORDER COOPERATION**

Yu.L. Voytekhovsky<sup>1</sup>, R. Pietilä<sup>2</sup>, P. Johansson<sup>2</sup>, J. Pihlaja<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Geological Institute KSC RAS, Apatity, woyt@geoksc.apatity.ru

<sup>2</sup>Geological Survey of Finland, Northern Office, Rovaniemi, risto.pietila@gtk.fi

The idea of promoting the geotourism on the Kola Peninsula at the international scope occurred behind both sides of the state border almost simultaneously. This testifies to the issue being topical. It was the key topic of the meeting with the Finnish delegation on the International Workshop on April 6, 2009, in Apatity (The Geologist's Day 2009 // Tietta. 2009. N 2(8). P 29-32), International Workshop "Barents Tourism Today and Tomorrow" on May 6-7, 2009, in Rovaniemi (Geotourism on the Kola Peninsula – it's high time to unite our forces // Tietta. 2009. N 3(9). P. 36-38), during the visit of the Finnish delegation to Apatity on January 20, 2010 and the visit of the Russian delegation to Espoo on March 25, 2010, finally, on the International Round Table "Sustainable development and international cooperation" dedicated to the Geologist's Day on April 5, 2010. The meetings of this year were motivated by the important fact to follow. The European Union Commission announced the competition on cross-border cooperation projects dealing with the geotourism promotion and preservation of the geological heritage, i.e. unique objects of geology and man's ancient material culture.

The Finnish colleagues are the pace-setters, for they have the infrastructure elaborated in the touristically interesting objects of Finland. As an example, they demonstrated the Russian party some adapted geological and topographical maps (1:50000 scale) and pocket-size guidebooks on the Koli and Lemmenjoki National Parks areas and also the Ivalojoiki region of Saariselkä. The latter always attracts gold-digger amateurs to pan out the alluvial gold. In other words, start and go, but don't forget to take the tourist equipment and register the route and hike terms in the National Park Survey. The Russian party demonstrated its Finnish colleagues lots of data on the Khibiny and Monchegorsk area (topographical and geological maps, schemes, photos, booklets) that were earlier used for international and All-Russian conferences. Updated, these will be the basis of geotourist maps and guidebooks. The European Union financial maintenance is required first of all for high-printing out the material.

Photo: discussing the new project at the meetings of January 20 and April 5, 2010.

# МЕЖДУНАРОДНЫЙ СЕМИНАР «EUROGRANITES ARCTIC 2009»: ПРИМЕР УСПЕШНОГО РОССИЙСКО-ФИНСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В ОБЛАСТИ ГЕОТУРИЗМА

Ю.Л. Войтеховский<sup>1</sup>, О.-Т. Рямё<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Геологический Институт КНЦ РАН, Апатиты, Россия, woyt@geoksc.apatity.ru

<sup>2</sup> Университет Хельсинки, Хельсинки, Финляндия, tapani.ramo@helsinki.fi

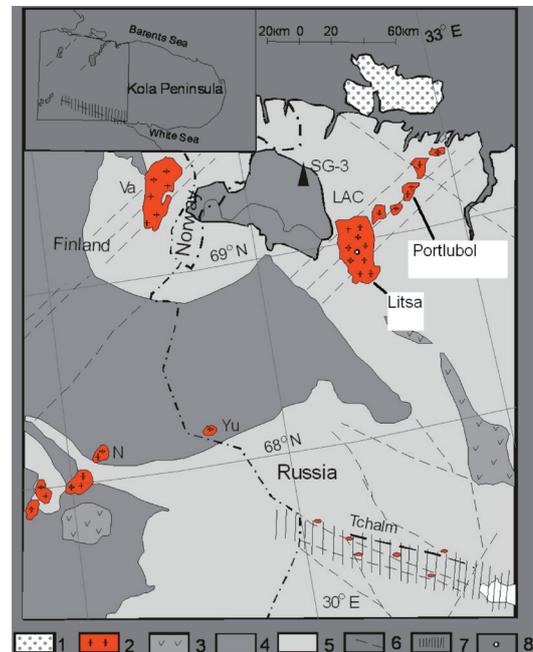
«Eurogranites Arctic 2009» продолжили серию ежегодных одноимённых мероприятий, первое из которых проходило в фанерозойских гранитных террейнах центральной и южной Европы в 1971 г. В 1996 г. к объектам исследования присоединились докембрийские гранитоиды Фенноскандинавского щита: впервые – на конференции «Eurogranites» в Норвегии, затем на «Eurogranites 2005» в Финляндии. «Eurogranites 2009» ещё более расширили область исследования, включив в неё классические щелочные массивы Кольского п-ова. Экскурсия проводилась специалистами Отделения геологии Университета Хельсинки, Финского музея естествознания (Финляндия) и Геологического института КНЦ РАН (Россия). Российская часть экскурсии финансировалась Российской академией наук, финская – Университетом Хельсинки и Советом научных обществ Финляндии. Общее количество участников - 21, большинство - представители западной и центральной Европы (Италия, Германия, Великобритания, Ирландия, Бельгия, Португалия), а также США, Эстонии, Словакии, Финляндии и Норвегии.

Рис. 1. Посторогенные гранитные массивы северной части Фенноскандинавского щита.

1 – рифей; 2 – посторогенные граниты (LAC, Лица-Арагубский комплекс; N, Наттанен; Va, Вайноспяя; Yu, Юовоайви; 1.76-1.80 млрд лет); 3 – палеопротерозойские мафические интрузии; 4 – палеопротерозойские супракрастальные и плутонические породы; 5 – архейские супракрастальные и плутонические породы; 6 – разломы; 7 – Чалмозеро-Кандалакшская зона мелких интрузий и даек посторогенных гранитов. SG-3, Кольская сверхглубокая скважина.

Fig. 1. Postorogenic granite massifs in the northern Fennoscandian Shield.

1 – Riphean; 2 – postorogenic granites (LAC, Litsa-Ara-Guba complex; N, Nattanen; Va, Vainosprää; Yu, Juovoaivi; 1.76-1.80 Ga); 3 – Palaeoproterozoic mafic intrusions; 4 – Palaeoproterozoic supracrustal and plutonic rocks; 5 – Archaean supracrustal and plutonic rocks; 6 – faults; 7 – Chalmzero-Kandalaksha zone of small intrusions and dykes of postorogenic granites. SG-3, Kola Superdeep Well.



Программа конференции включала 5 дней полевых работ (два в Финляндии, три в России), один день занимал семинар и два – поездки между Финляндией и Россией. Проект «Eurogranites 2009» проводился совместно с проектом IGCSP 510 «Граниты А-типа и связанные с ними породы» (2005-2010). Главными объектами изучения были (1) граниты типа Наттанен финской Лапландии и близлежащих территорий, которые недавно были признаны постколлизийными окисленными гранитами А-типа [2] и (2) Хибинский щелочной комплекс девонской щелочной провинции Кольского п-ова.

«Eurogranites 2009» стартовали 15 августа с визита на ручей Пахаоя (Pahaaja Brook) и первичных проявлений россыпного золота в северной и центральной части финской Лапландии. Первые разведочные работы на золото начались здесь 140 лет назад. Участники экскурсии познакомились на приветственном вечере и поездке по историческим окрестностям. На следующий день (16 августа) они посетили граниты типа Наттанен вблизи Лапландского гранулитового пояса. Первая остановка была на холме Риестоваара. Батолит Риестоваара представляет собой интрузию шириной ~ 14 км, залегающую в архейских породах на севере и палеопротерозойских кварцитах на юге [1, 2]. Сложен тремя фазами гранита, формирующими частично кольцевую структуру. Крупнозернистый порфириновый гранит - древнейшая фаза, образующая неполную внешнюю часть батолита. Большая часть батолита Риестоваара состоит из порфиритового гранита. После Риестоваары экскурсанты изучили гранит Наттанен, возраст которого ~ 1768±6 млн лет [2]. Диаметр интрузии ~ 8 км [1]. Она залегает в псаммитовых, пелитовых мигматитах и более молодых (~ 1.92-1.91 млрд лет) норитах и эндербитах

Лапландского гранулитового пояса [6, 7]. На вершине Наттаненского холма можно увидеть несколько интересных торов – структур вымораживания, типичных для субарктической Финляндии.



Рис. 2. Снежный цирк плато Тактарвумчорр, Хибины, Россия, 21 августа 2009 г.  
Fig. 2. The Snow Circus of the Takhtarvumchorr plateau, Khibiny, Russia, August 21, 2009.

Первый экскурсионный день в России (18 августа) стал логическим продолжением финской части экскурсии. Участники проследовали от постороженных гранитоидов Наттанен в Финляндии к Арагубскому комплексу в России. Гранитоиды Лица-Арагубского комплекса образуют многочисленные массивы на площади ~ 900 км<sup>2</sup> за пределами восточной окраины Печенгской структуры. Они считаются одними из самых молодых магматических пород в докембрии Кольского п-ова. Северо-восточные трансформные разломы контролировали внедрение Лица-Арагубского и Юовоайвинско-

го комплексов (с возрастом соответственно 1.77-1.76 млрд лет и 1.79-1.77 млрд лет) [1, 8]; массив Вайноспя и, вероятно, массивы типа Наттанен (Наттанен, Тепасто, Помоваара, Риестоваара) (1.8 – 1.77 млрд лет) [3, 5] располагаются на южном фланге Лапландского гранулитового пояса. Расположение мелких постороженных массивов и даек Чалмозёрского комплекса контролировалось северо-западной Чалмозеро-Кандалакшской тектонической зоной (рис. 1).

Все эти интрузии - многофазные тела, сложенные двумя дискретными (диоритовыми и гранитными) ассоциациями без переходных разностей. Diorитовая ассоциация представлена монцодиоритом, диоритом, кварцевым диоритом и граносиенитом (фазы 1 и 5). Гранитная ассоциация включает порфиоровые и равнострунные гранодиориты, кварцевый монцонит, гранит, лейкогранит и аляскит (фазы 2-4). Все породы комплекса характеризуются высоким содержанием щелочей, преобладанием калия над кальцием в породах гранитной ассоциации и концентрациям Zr, Nb, Mo, Ba, Sr, редких земель, урана и тория.

Второй день пребывания в России (19 августа) был занят конференцией в Геологическом институте КНЦ РАН. Её открыла приветственная речь директора Института проф. Ю.Л. Войтеховского и главы Организационного комитета проекта «Eurogranites Arctic 2009» проф. Тапани Рямё. Проф. Жаклин Вандер Аувера (Университет Льежа) выступила с докладом о свеконорвежских массивах анортозитов и связанных с ними гранитоидов, которые считаются результатом постколлизийного переплавления вещества континентальной дуги. Проф. Брайан Аптон (Эдинбургский университет) рассказал о мантийных процессах и вызываемую ими выработку расплавов в провинции Гардар, Гренландия. После этого проф. Томм Андерсен (Отделение наук о Земле, Университет Осло) представил новую модель миаскит-аппаитового перехода в нефелиновых сиенитах и роли аппаитовости и летучих компонентов (на примере рифта Осло, северная Норвегия). К.г.-м.н. В.Р. Ветрин (ГИ КНЦ РАН) представил доклад о геохронологии и составе магматических включений, являющихся индикаторами происхождения цирконов из тоналит-грандземитовых гнейсов Кольской сверхглубокой скважины (Фенноскандинавский щит). К.г.-м.н. Д.Р. Зозуля (ГИ КНЦ РАН) сделал презентацию по геологии, геохимии, тектоническом положении и типах оруденения архейского щелочного кислого магматизма.

На третий день российской части конференции (20 августа) сотрудники Геологического института КНЦ РАН провели экскурсию в долину Рамзая в Хибинах. Долина названа в честь финского геолога Вильгельма Рамзая (профессор геологии и минералогии Отделения геологии Университета Хельсинки), «открывшего Хибинны для науки в результате экспедиций 90-х годов XIX века», как гласит надпись на мемориальной доске, установленной в долине. Долина представляет собой разлом в крупнозернистых нефелиновых сиенитах (так называемых хибинитах) длиной 500 м, максимальная отметка над уровнем моря - 743 м.

На четвёртый день визита (21 августа) участники экскурсии совершили шеститысячметровый поход к Снежному цирку на плато Тахтарвумчорр в Хибинах (рис. 2). Маршрут повторял путь пионеров исследований Хибин: В. Рамзая, А.Е. Ферсмана, А.Н. Лабунцова и т.д. Основной целью дня стали тингуаитовые дайки Снежного цирка. В третьем, восточном, цирке плато Тахтарвумчорр они слагают серию даек, кулисообразно расположенных в массивных крупнозернистых хибинитах. Уникальная ячеисто-зональная текстура тингуаитовых даек представляет особый интерес для петрологов всего мира (рис. 3).

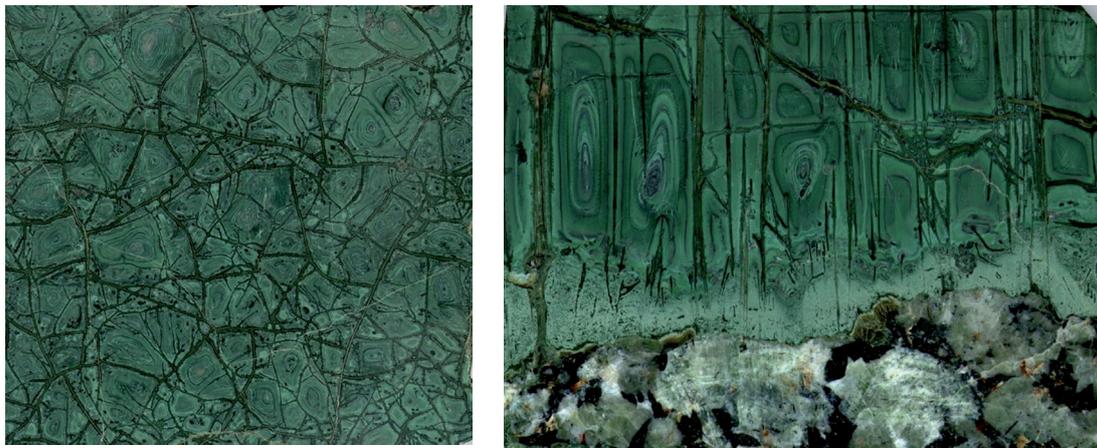


Рис. 3. Ячеисто-зональные текстуры тингуаитовых даек в параллельном (слева) и перпендикулярном (справа) разрезах к контакту с хибинитами.

Fig. 3. The cell-zonal textures of the tinguaitite dykes in the parallel (left) and perpendicular (right) sections to the contact with khibinites.

В конце визита в Россию участники «Eurogranites Arctic 2009» посетили Музей геологии и минералогии ГИ КНЦ РАН и осмотрели уникальные образцы керна Кольской сверхглубокой скважины, хранящиеся в Геологическом институте КНЦ РАН.

Обе стороны «Eurogranites Arctic 2009» высоко оценили значимость мероприятия, в частности, как возможность собрать большое количество крупных специалистов из разных стран. Участники проекта получили возможность обмениваться новейшими достижениями своих исследований, установить новые дружественные связи и профессиональные контакты, крайне важные для дальнейшего развития международного сотрудничества не только в изучении гранитов, но и иных интересных обеим сторонам областях научной и образовательной деятельности.

1. Front K., Vaarma M., Rantala E., *et al.* Keski-Lapin varhaispro-terotsooiset Nattas-tyypin graniittikomp-leksit, niiden kivilajit, geokemia ja mineralisaatiot. Summary: Early Proterozoic Nattanen-type granite complexes in central Finnish Lapland: rock types, geochemistry and mineralization. Geol. Surv. Finland. Rep. Invest. N 85. Espoo, 1989. 77 p. [In Finnish with English summary.]

2. Heilimo E., Halla J., Lauri L.S., *et al.* The Paleoproterozoic Nattanen-type granites in Northern Finland and vicinity – a postcollisional oxidized A-type suite // Bull. Geol. Soc. Finland. 2009. N 81. P 7-38.

3. Huhma H. Sm-Nd, U-Pb and Pb-Pb isotopic evidence for the origin of the Early Proterozoic Svecokarelian crust in Finland // Bull. Geol. Surv. Finland. 1986. N 337. P 48.

4. Manninen T., Pihlaja P., Huhma H. U-Pb geochronology of the Peurasuvanto area, northern Finland // Vaasjoki M. (ed.) Radiometric age determinations from Finnish Lapland and their bearing on the timing of Precambrian volcano-sedimentary sequences. Spec. Pap. N 33. Geol. Surv. Finland. 2001. P 189-200.

5. Rastas P., Huhma H., Hanski E., *et al.* U-Pb isotopic studies on the Kittilä greenstone area, central Lapland, Finland // Vaasjoki M. (ed.) Radiometric age determinations from Finnish Lapland and their bearing on the timing of Precambrian volcano-sedimentary sequences. Geol. Surv. Finland. Spec. Pap. 2001. N 33. P 95-141.

6. Tuisku P., Huhma H. Evolution of magmatic granulite complexes: implications from Lapland Granulite Belt. Pt II. Isotopic dating // Bull. Geol. Soc. Finland. 2006. N 78. P 143-175.

7. Tuisku P., Mikkola P., Huhma H. Evolution of magmatic granulite complexes: implications from Lapland Granulite Belt. Pt I. Metamorphic geology // Bull. Geol. Soc. Finland. 2006. N 78. P 71-105.

8. Vetrin V.R., Bayanova T.B., Kamensky I.L., *et al.* U-Pb ages and helium-isotope geochemistry of rocks and minerals from the Litsa-Ara-Guba diorite-granite complex, Kola Peninsula // Dokl. Earth Sci. 2002. N 37. P 947-950.

## **«EUROGRANITES ARCTIC 2009» INTERNATIONAL WORKSHOP: AN EXAMPLE OF SUCCESSFUL RUSSIAN-FINNISH COOPERATION IN GEOTOURISM**

**Yu.L. Voytekhovskiy<sup>1</sup>, O.T. Rämö<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> **Geological Institute of KSC RAS, Apatity, Russia, woyt@geoksc.apatity.ru**

<sup>2</sup> **University of Helsinki, Helsinki, Finland, tapani.ramo@helsinki.fi**

“Eurogranites Arctic 2009” followed up a series of “Eurogranites” annual meetings, au debut carried out in the Phanerozoic granite terrains of central and southern Europe since 1971. Since 1996, the study has included Precambrian granitoid rocks of the Fennoscandian shield, first at the “Eurogranites” conference in Norway and then at the “Eurogranites 2005” in Finland. “Eurogranites 2009” extended the area of investigation even further, including the classic alkaline massifs of the Russian Kola Peninsula. The excursion was convened by specialists of the Department of Geology, University of Helsinki, the Finnish Museum of Natural History (Finland) and the Geological Institute KSC RAS (Russia). The Russian part of the excursion was funded by the Russian Academy of Sciences, the Finnish one by the University of Helsinki and the Council of the Scientific Societies in Finland. Participants, 21 in total, were predominantly from west-central Europe (Italy, Germany, Great Britain, Ireland, Belgium, Portugal), but there were also attendees from USA, Estonia, Slovakia, Finland and Norway.

The conference comprised five days in the field (two in Finland, three in Russia), a seminar day and two days in transit between Finland and Russia. “Eurogranites 2009” were a joint venture with IGCP Project 510 “A-type Granites and Related Rocks” (2005-2010). The conference focused on (1) the Nattanen-type granites of the Finnish Lapland and vicinity, recently identified as post-collisional, oxidized A-type granites [2] and (2) the Khibiny alkaline complex of the Devonian Kola alkaline province.

“Eurogranites 2009” started on August 15 with a visit to the Pahaoja Brook and its prime placer gold prospects in north-central Finnish Lapland. The pioneering Finnish gold-prospecting activities initiated in this area 140 years before. The participants of the excursion shared an Ice-Breaker party and tour round the historical places of the site. On the following day (August 16) the participants proceeded to the Nattanen-type

granites near the Lapland granulite belt. The first stop was the Riestovaara fell. The Riestovaara batholith is a ~ 14-km wide intrusion hosted by the Archaean rocks in the north and the Palaeoproterozoic quartzites in the south [1, 2] and comprises three granite phases forming a partial ring structure. Coarse-porphyritic granite is the oldest phase and forms an incomplete outer part of the batholiths. Most of the Riestovaara batholith consists of a porphyritic granite. After Riestovaara, the excursion examined the ~ 1768±6 Ma Nattanen granite [2]. This intrusion is ~ 8 km in diameter [1] and it was intruded into psammitic to pelitic migmatites and younger, ~ 1.92-1.91 Ga norites and enderbites of the Lapland granulite belt [6, 7]. Atop the Nattanen fell there are several interesting tors, frost weather structures, common with subarctic Finland.

The first excursion day in Russia (August 18) was a logical continuation of the excursion in Finland. The participants proceeded from the postorogenic Nattanen granitoids in Finland to those of the Ara-Guba complex in Russia. Granitoids of the Litsa-Ara-Guba complex form numerous massifs over an area of about 900 km<sup>2</sup> outside the eastern margins of the Pechenga structure. They are assigned to one of the latest magmatic rocks in Precambrian of the Kola Peninsula. Northeast-trending transform faults controlled the emplacement of the Litsa-Ara-Guba and Yuovoaiivi complexes (1.77-1.76 Ga and 1.79-1.77 Ga respectively) [1, 8]; the Vainospää massif, and, probably, the “Nattanen type” massifs (Nattanen, Tepasto, Pomovaara, Riestovaara) (1.8 Ga to 1.77 Ga) [3, 5] located on the southern flank of the Lapland granulite belt. Localization of small postorogenic massifs and dykes of the Chalmozero complex was governed by the NW-trending Chalmozero-Kandalaksha tectonic zone (Fig. 1).

All these intrusions are multiphase bodies that consist of two discrete (diorite and granite) associations without transitional varieties. The diorite association is represented by monzodiorite, diorite, quartz diorite, and granosyenite (phases 1 and 5). The granite association includes porphyritic and equigranular granodiorites, quartz monzonite, granite, leucogranite, and alaskite (phases 2-4). All rocks of the complex are characterized by high alkali contents, prevalence of potassium over sodium in rocks of the granite association, and a concentration of Zr, Nb, Mo, Ba, Sr, REE, U, and Th.

The second day of stay in Russia (August 19) was marked with conference at the Geological Institute KSC RAS. It was opened with welcoming remarks by Director of the Geological Institute KSC RAS Prof. Yury L. Voytekhovskiy and Head of the “Eurogranites Arctic 2009” Organizing Committee Prof. Tapani Rämö. Next, Prof. Jacqueline Vander Auwera (University of Liege) presented a report on the Sveconorwegian case of massif-type anorthosites and related granitoids that are claimed to have resulted from postcollisional remelting of a continental arc. Prof. Brian Upton (University of Edinburgh) spoke on mantle processes and due melt production in the Gardar Province, Greenland. Next, Prof. Tomm Andersen (Department of Geosciences, University of Oslo) presented a novel model on the miaskitic to agpaitic transition in nepheline syenite and the role of peralkalinity and volatile components (an example from the Oslo rift, southern Norway). Cand. Sci. Valery R. Vetrin (GI KSC RAS) reported on the geochronology and composition of magmatic inclusions as an indicator of origin of zircon from tonalite-trondhjemite gneisses of the Kola Superdeep Borehole (Fennoscandian shield). Cand. Sci. Dmitry R. Zozulya (GI KSC RAS) gave a presentation on the geology, geochemistry, tectonic setting and fertility types of Archean alkaline felsic magmatism.

On the third day in Russia (August 20) the researchers of the Geological Institute KSC RAS carried out an excursion to the Ramsay Valley in the Khibiny Mountains. The Valley is called after the Finnish geologist Wilhelm Ramsay (Professor of Geology and Mineralogy, Department of Geology, University of Helsinki), who “discovered the Khibiny for science in result of his expeditions in the 1890s”, as a memorial up in the Valley declares. The Valley is a 500 m-long fault in coarse-grained nepheline-syenite (the so-called khibinite), at maximum 743 m above the sea level.

In the fourth day (August 21) on the Russian side, the participants undertook a 6-km hike to the Snow Circus of the Takhtarvumchorr plateau in the Khibiny (Fig. 2). The route was the original one of the Khibiny pioneers: W. Ramsay, A.E. Fersman, A.N. Labuntsov and others. The primary target of the day was the tinguaitic dykes of Snow Circus. At the third, eastern circus of the Takhtarvumchorr plateau, they form a series with an echelon arrangement in massive khibinites. The unique cell-zonal character of the tinguaitic dykes is of particular interest to igneous petrologists worldwide (Fig. 3).

At the end of the stay in Russia, participants of “Eurogranites Arctic 2009” visited the Museum of Geology and Mineralogy of GI KSC RAS and studied the unique drill core of the Kola Superdeep Borehole stored in the premises of the Geological Institute KSC RAS.

Both parties of “Eurogranites Arctic 2009” appreciated the importance of the meeting, particularly for gathering together a good number of top specialists from different countries. The participants had an opportunity to exchange the latest findings of their studies and establish new friendly ties and professional contacts. The latter is considered particularly important for further development of the international collaboration not only in the study of granites, but also for seeking further mutually rewarding spheres of cooperation.

## УМБА – СКАЗКА БЕЛОМОРЬЯ

И.Л. Волкова

Региональное отделение туристической компании «Умба Дискавери», Умба,  
irinaumba@com.mels.ru

Здравствуйтесь, люди добрые, гости желанные! Поклон вам с Терского берега, что на берегу Белого моря, на юге Кольского п-ова!

Места наши называют по-разному: и Царством Сёмги, и Аметистовым Берегом, и Песенным Краем – нам всё подходит. Принять гостя на Севере – честь, «гость на гость – хозяину радость». Потому и едут к нам люди душой отогреться, силы-здоровья набраться, красотой нетронутой природы полюбоваться. Давно в наши места тропку проторили и заморские гости. Говорят, чтобы понять Россию, надо в доме хозяйском пожить, чаю испить, песен попеть да старины послушать. Во времена стародавние пришли сюда русичи из В. Новгорода, а позже с Архангельской да Вологодской губерний. Жили справно, друг у друга учились, хорошим делились, традиции свои сохраняли и нам завещали. Кто у моря поселился, кто им кормился, кто его благодарил, тех поморами и нарекли. Мы – Терские поморы – живём на Зимнем берегу Белого моря. Главную славу краю нашему принесла царица местных рек красавица Сёмга. И поехали к нам со всего света рыбаки азартные силой с Рыбой меряться. Но не всякому тут удача бывает, потому как секрет есть! Для помора море, река, родник – живые, стало быть, и обращаться к ним надо уважительно. Один старый рыбак сказывал: к реке подойти надо, поздороваться, все мысли из головы убрать и представить себе Рыбу своей мечты, которая живёт в этой реке – вот тогда и удача будет. Да поблагодарить надо обязательно.

Возвращались рыбаки домой с богатыми трофеями, сёмужкой да байками близких потчевали. Вроде как успокаивались, да ненадолго. К зиме стайками опять собирались да планы про новые рыбалки строили. Тут их жёны забеспокоились: может, колдовство какое на Севере есть? Чтобы счастье семейное было крепким, мы и жёнкам занятие нашли. Пока мужчины на реке да на море, половинки их звоны колокольные слушают, на святые источники ходят, храмы старинные да иконы чудотворные смотрят. Есть у нас место загадочное, красоты необыкновенной – Аметистовый Берег называется. Вся земля там блестит-переливается. Не поленишься – найдёшь себе щёточку аметистовую на память (рис. 1). Камень этот не простой – говорят, лихие думы отгоняет, вещи сны навеивает, от пьянства оберегает и просто глаз радует. Есть ещё у нас изюминка – подарочек на память, рогулька беломорская называется. Два места в мире славятся этими камнями: мы да Австралия. Находят шарики с рожками (рис. 2) на куйпоге – малой воде и к мастерам идут, чтобы те камень разрезали. Вот тут вы и увидите чудо – кристалл внутри спрятан формы необычной (рис. 3). Гости приезжие любуются, а поморы нагревают те «ёжики» и к больным местам прикладывают, лечатся. Жёны приехали, а за ними детки потянулись. И они у нас не заскучили – с нашими мастерицами куклы-обереги стали делать, козули волшебные катать да сказки поморские слушать. А коли вся семья в сборе, да с друзьями, самое время звать гостей на «Поморскую вечерку» – песни наши послушать, хороводы поводить, играми позабавиться.

Главные праздники у нас на лето приходятся. Раз в три года съезжаются на Терскую землю песенники да ремесленники со всех северных земель себя показать, у соседей поучиться, красотой поделиться. Два дня гуляет праздник, плывут над Умбой песни, цветёт черёмуха, и душа радостью



Рис. 1. Вид Кандалакшского залива по дороге к мысу Корабль.

Fig. 1. The Kandalaksha Gulf panorama on the way to the Korabl' Cape.

полнится. Гордостью нашей стала Поморская гребная регата: старожилы и гости соревнуются на море в скорости и мастерстве. Тут вы и болельщиком станете, и песни послушаете, и в игры поморские поиграть успеете. Мы и весной не скучаем. Весёлые люди придумали соревнование по подлёдной рыбалке – «Рыбья морда» называется. Это особая похвала у поморов для удачливого рыбака. На плёсах знаменитой Умбы-реки под ярким солнышком пытаются рыбацкое счастье десятки рыбаков всех возрастов.

Коли заинтересовали мы вас, и вы уже вещи собираете, чтобы к нам в гости приехать, мы вам про житие-бытие всю правду скажем. Дорога к нам от Кандалакши идёт новая, хорошая, асфальтовая – 110 км проскочите и не заметите. Если по душе вам отдых в палатке, с костерком и хорошей компанией – есть много красивых и удобных мест на берегу моря. Коли крыша нужна понадежнее, вас примут в своих домах гостеприимные поморы. Есть у нас и небольшие гостиницы. А захочется,



Рис. 2. Штуф со щёткой аметиста (слева), флюоритовые прожилки в обнажении красноцветных песчаников, мыс Корабль, Терский берег (справа).

Fig. 2. A piece of rock with an amethyst druse (left), fluorite veinlets in an outcrop of redbed sandstones, Korabl' Cape, Tersky coast (right).



Рис. 3. Беломорские рогульки. Фото: [http://geo.web.ru/druza/m-glendon\\_0.htm](http://geo.web.ru/druza/m-glendon_0.htm).

Fig. 3. The White Sea glendonites. Photo: [http://geo.web.ru/druza/m-glendon\\_0.htm](http://geo.web.ru/druza/m-glendon_0.htm).

чтобы на берегу моря Белого и чтобы природа нетронутая, и чтобы дома рубленные с удобствами и каминами – добро пожаловать к нам на базу отдыха «Волна» туристической компании «Умба Дискавери» в 3 км от Умбы. Мы вас поселим, в баньке попарим и накормим. Еда у нас простая, поморская: треска беломорская, рыбники с сёмужкой, лосятина с брусникой, а на десерт побалуем вареньем из молодых сосновых шишек для радости и лечения. Готовим мы его по старинному рецепту, понравится – с вами поделимся.

Быстро время пролетит, разъедутся гости по домам и увезут с собой в современный город кусочек прошлого – терскую козулю, оберег на добрую память. Не купят, не выберут, а достанется она им в старинном поморском гадании, чтобы поселились в их домах Счастье, Здоровье, Любовь и Удача.

## UMBA – A FAIRY-TALE OF THE WHITE SEA

I.L. Volkova

Regional department of the “Umba Discovery” tourist company, Umba, irinaumba@com.mels.ru

Greeting you, my good people, my guests bewaited! May you be welcome on the Tersky shore that is on the White Sea coast of the Kola Peninsula!

Many names our place doth have: they call it the Salmon Reign, Amethyst Shore, Song Midst. 'Tis all thee, our land. Great honor 'tis to welcome guests in the North, “lots of guests is the host's bless” we say. Therefore, people come here to relieve their hearts, gain health and admire the beauty of the virgin nature. Foreign guests start'd coming there long ago. They say one should spend some time with hosts in their house, drink a good cup of tea, sing songs with them and listen to the stories about the Old Times to understand Russia. Long ago, as it was, the Russians came there from Veliky Novgorod, and later from the Arkhangelsk and Vologda provinces. Good friends they were to live together, they taught each other different things, shar'd the good with each other, rever'd traditions and bequeath'd us to. Those who put up at the sea shore, whom the sea feeds and who the sea honours were call'd the pomors. We the Tersky pomors live on the Zimny shore of the White Sea. Our veriest pride is Local Rivers Tsarina Salmon. Thus started for here fishermen from the lands remote to compete with the Fish. But not all of these are lucky, for there is but a secret. A sea, river, spring are all alive, thus these must be treated with much of respect. An old fisherman said you must come up to the river, greet it, release your head from all thoughts and imaging your Dream Fish, which doth live in this river and you'll be lucky. And do not forget to thank the river.

Fishermen came home with lots of trophies and shar'd with their relative lots of salmon and tales. 'Tis brought them piece at soul, but for no long time. By winter they gather' in groups to plan new fishing trips. So grew their wives' anxiety, why, 'tis some magic in the North? To preserve the happy hearths, we found occupation for the wives. While men were away at the river and sea, their couples listen to the chime, go to the baptismal founts, admire ancient cathedrals and miracle-working icons. We have a mysterious place of marvelous beauty called the Amethyst Shore. All the land is glittering and sparkling. Be not lazy and you'll find a splendid druse of amethyst (Fig. 1). The stone is but no common. People say it doth fight back evil thoughts, prophetic dreams it doth cast, keeps one from drinking hard and doth delight one's eye. We also have a zest and souvenir. 'Tis called the White Sea glendonite (rogul'ka). The two places only are known for this stone – we and Australia. People find these balls with horns (Fig. 2) on the kujpoga, where the water is no deep, and bring it to craftsmen to cut the stone. And here a miracle you will see – inside there is a crystal of and unusual form (Fig. 3). Guests of our land admire it and the pomors heat these “hedgehogs” and put on disease places to heal these. The wives, then the children came. They were never bored, making amulet dolls, magic kozulyas and listening to the pomor fairy-tales. And when all the family is at home, 'tis time they invited guests on the “Pomorskaya vechorka” to listen to our songs, sing and dance in a ring, play games of ours.

Our major holidays are in summer. Once in three years the Terskaya land hosts singers and craftsmen from all the North lands that come to prove themselves, learn from neighbors, share the beauty. Two days people celebrate, sing songs in Umba, bird cherry trees blossom and hears are full with joy. Our proud is the great Pomorskaya regatta. Old timers and guests compete in speed and mastership on the sea. There you'll support the participants, listen to songs and play the pomor games. Spring is also no tedious time of ours. Merry people invent'd the under-the-ice fishing competition called the “Fish muzzle”. 'Tis the best appraisal of a lucky fisherman with the pomors. On the reach of the famous Umba river dozens of fishermen of various age try their luck under the sun.

If we interest'd you and you are packing things into your suitcases to visit us, we'll tell you all the truth about living here. The road from Kandalaksha to our place is new and good and asphalt one, so you'll pass 110 km in no time. If you like having rest in a camp with a campfire and good company, there are lots of picturesque suitable places on the sea shore. If you want a secure shelter, the hospitable pomors will host you in their houses. We also have some small hotels. And if you want to have a rest on the White Sea shore amidst the virgin nature in wooden comfortable houses with fireplace, welcome to our recreation station “Volna” of the “Umba Discovery” tourist company. The station is 3 km from Umba. We shall settle you, steam you out in banya and feed. Our food is simple, the pomor one: the White Sea cod, salmon pies, moose meat with cowberry. As for the desert, we'll give you a treat of jam of young pine-tree cones for thee joy and health. We cook the jam according to an old recipe, and if you like it, we'll share it with you.

Time flies, guests will leave for homes and bring to modern cities of theirs a piece of the past – the souvenir of a Terskaya kozulya amulet. 'Tis not for money, not selected, but granted in an old pomor fortune-telling to bring to your home Happiness, Health, Love and Luck.

## ОБЪЕКТЫ КВАРТЕРА, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДЛЯ ГЕОТУРИЗМА В КОЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

В.В. Колька, О.П. Корсакова

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, kolka@geoksc.apatity.ru

Геологические объекты квартера Мурманской обл. многообразны и привлекательны для познавательного и научного туризма. Это связано с тем, что на Кольском п-ове и омывающих его акваториях располагался восточный фланг последнего Скандинавского ледника. Кроме того, территория подвергалась влиянию ещё нескольких оледенений, связанных с другими центрами, которые также оставили здесь свои следы. Интересные объекты для посещений связаны с геологической деятельностью моря. Лаборатория геологии и минералогии кайнозойских отложений Геологического института КНЦ РАН в 1993 и 2005 гг. провела полевые экскурсии, которые вызвали большой интерес профессионалов. К экскурсиям были подготовлены путеводители и подробные маршруты. После адаптации они могут быть использованы для познавательного геотуризма. Можно выделить несколько типов экскурсий по продолжительности и доступности объектов.



Рис. 1. Лабиринт на Питкульском Наволоке.

Fig. 1. Labyrinth at the Piktul Navolok Cape.

Экскурсии одного дня в самом городе и его окрестностях. Примером может служить экскурсия в долину оз. М. Вудъявр, где расположены многочисленные четвертичные объекты (ледниковые цирки, краевые ледниковые гряды, береговые маркеры некогда располагавшегося здесь крупного озера), артезианские скважины, объекты горнорудной промышленности, Полярно-Альпийский ботанический сад и др.

Экскурсии продолжительностью 2-3 дня. Пример – поездка на побережье Белого моря с остановками в Кандалакше и Умбе. На этой экскурсии можно познакомиться с крупной сейсмодислокацией: ущельем в р-не оз. Чуна, объектами ледниковой экзарации (бараньими лбами), межлопастной ледниковой возвышенностью Верессельга, неолитическим лабиринтом на м. Питкульский Наволок в Кандалакшском заливе (рис. 1), береговыми образованиями и т.п.

Длительные экскурсии по Мурманской обл. с посещением мест, представляющих особый интерес для специалистов, например, конечных моренных гряд Кейва на ЮВ области и петроглифов на Канозере. Районами таких экскурсий могут быть п-ова Средний и Рыбачий с их интересным рельефом, мыс Св. Нос как знаменательное географическое место, долина р. Поной (рис. 2) с копиями и каменным лабиринтом и т.д.

Первые два типа экскурсий проводятся в легкодоступных местах, третий тип требует специального транспорта. Развитие геотуризма должно вестись на паритетных началах между Геологическим институтом КНЦ РАН и заинтересованными организациями, например, городской и областной администрациями, бизнесом. Геологический институт может взять на себя научное обеспечение экскурсий (подготовку путеводителей, маршрутов и подготовку экскурсоводов).



Рис. 2. Висячие долины р. Поной (слева), р. Поной (справа).  
Fig. 2. Vertical valleys of the Ponoy river valley (left), the Ponoy river (right).

## ATTRACTIVE GEOTOURIST QUATERNARY SITES IN THE KOLA REGION

V.V. Kol'ka, O.P. Korsakova  
Geological Institute KSC RAS, Apatity, [kolka@geoksc.apatity.ru](mailto:kolka@geoksc.apatity.ru)

The Quaternary geological sites of the Murmansk region are multivarious and interesting for educational and scientific tourists. It is due to the fact that the Kola Peninsula and circumfluent waters accommodate the eastern flank of the late Scandinavian glacier. Moreover, this territory was affected by some other glaciers related with the other hearths that also left their prints thereon. Interesting for visits are the sites associated with the marine activity. In 1993 and 2005 the researches of Laboratory for Geology and Minerageny of the Cenozoic Sedimentations of the Geological Institute KSC RAS carried out field trips that sparked interest of many professionals. The excursions were supplemented by guidebooks and detailed route descriptions. After some amendments, these can be used for educational geotourist purposes. Thereof, several types of excursions can be distinguished according to their length and availability.

1. One-day excursions in the town and suburbs. An excursion to the Maly Vud'yavr valley can serve as an example. There are many Quaternary sites (glacial circus, marginal glacial ridges, coastal markers of a former large lake), artesian water wells, mining industry, Polar-Alpine Botanical Garden, etc.

2. Two/three-day excursions. For example, trips to the White Sea coast with stops at Kandalaksha and Umba can be organized. These excursions allow visiting large-scale seismic dislocation represented by a canyon in the area of the Chuna lake, glacial exaration (the so called roches-moutonnees), Vereselga interlobed glacial hill, Neolithic labyrinth at the Pitkul Navolok Cape in the Kandalaksha Bay (Fig.), coastal formations, etc.

3. Long-term excursions in the Murmansk region to visit sites of a specific interest for experts, e.g. end moraine ridges of the Keivy region in the south-east of the Kola Peninsula, and petroglyphs at the Kanozero. Such excursions can be organized to the Sredny and Rybachy Peninsulas with their amazing relief forms, St. Nose Cape as a remarkable geographic point and Ponoy River valley (Fig.) with diggings and stone labyrinths, etc.

The first two types of excursions are in available localities, while the third one requires employment of specific transport vehicles. The geotourism development should be carried out on a parity basis between the Geological Institute KSC RAS and involved institutions, e.g. municipal and regional administrations, business organizations. The Geological Institute can provide scientific background and support for the excursions (guidebooks, route specifications and guide training).

## ГЕОТУРИЗМ И РАЗВИТИЕ СЕТИ ООПТ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Н. Петров<sup>1,2</sup>, К.Н. Кобяков<sup>1</sup>, О.В. Петрова<sup>1</sup>, Ю.Л. Войтеховский<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Кольский центр охраны дикой природы, Апатиты, kbcc@kola-nature.org

<sup>2</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, Апатиты

<sup>3</sup>Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, woyt@geoksc.apatity.ru

Кольский п-ов притягателен для всевозможных туристов. В последнее время активизировался геотуризм, основой которого являются уникальные минеральные богатства и ландшафты Хибин, Ловозера, Больших Кейв и других р-нов. В связи с этим важно обсудить плюсы и минусы геотуризма с природоохранной точки зрения в рамках стратегии развития сети ООПТ – особо охраняемых природных территорий (рис. 1, 2).

### Плюсы:

- Объекты геотуризма устойчивы к посещению.
- Объекты геотуризма обладают высокой привлекательностью и способствуют отвлечению туристов от природных объектов с низкой устойчивостью к антропогенным факторам.

### Минусы:

- С объектами геотуризма могут быть сцеплены уникальные экосистемы с низкой устойчивостью к рекреационному воздействию.
- Маршруты геотуризма охватывают территории, на которых отсутствуют другие маршруты, увеличивая посещаемость данных территорий.
- Обслуживание геотуризма на ООПТ отвлекает силы и средства от др. природоохранных задач.

### Чем ООПТ полезны геотуризму:

- Обеспечение охраны объектов геотуризма.
- Совмещение геотуризма и других видов природного туризма.
- Более высокое качество обслуживания геотуристов.

### Чем геотуризм полезен ООПТ:

- Обеспечение дополнительного развития международных связей ООПТ.
- Увеличение конкурентоспособности ООПТ на рынке туризма.
- Увеличение взаимной интеграции ООПТ.
- Снижение рекреационной нагрузки на уязвимые биологические объекты ООПТ.
- Дополнительный аргумент для создания новых ООПТ.

### Что можно сделать в ближайшее время:

- Проектирование геологических ООПТ для развития ООПТ в Мурманской обл.
- Содействие организации и оптимальному планированию национального парка «Хибины».
- Разработка маршрутов для геотуризма, связывающих ряд ООПТ, в том числе трансграничных.
- Содействие организации соответствующих ООПТ: трёхсторонний резерват на р. Паз; леса и горы Финноскандии; Оуланка – Паанаярви – Кутса; Беломорские ООПТ.
- Определение целесообразности и возможности сохранения типовых участков известных месторождений и совмещение такого сохранения с другими задачами, решаемыми ООПТ.

### Интересные и доступные объекты геотуризма:

- Альмандины Западных Кейв (рис. 3).
- Астрофиллиты г. Эвеслогчорр (рис. 4).
- Амазониты гг. Плоская, Широкая и Парусная (рис. 4, 5).
- Аметисты мыса Корабль, Терский берег (рис. 4, 6).
- Кианиты и хиастолиты Песцовой тундры.
- Перовскиты Африканды.
- Ставролиты Восточных Кейв (рис. 4).
- Тингуаиты Снежного цирка (рис. 7).
- Флюориты мыса Корабль (рис. 6) и Елокорговского наволока.
- Цирконы г. Вавнбед.
- Эвдиалиты Хибин и Ловозера (рис. 4) и мн. др.

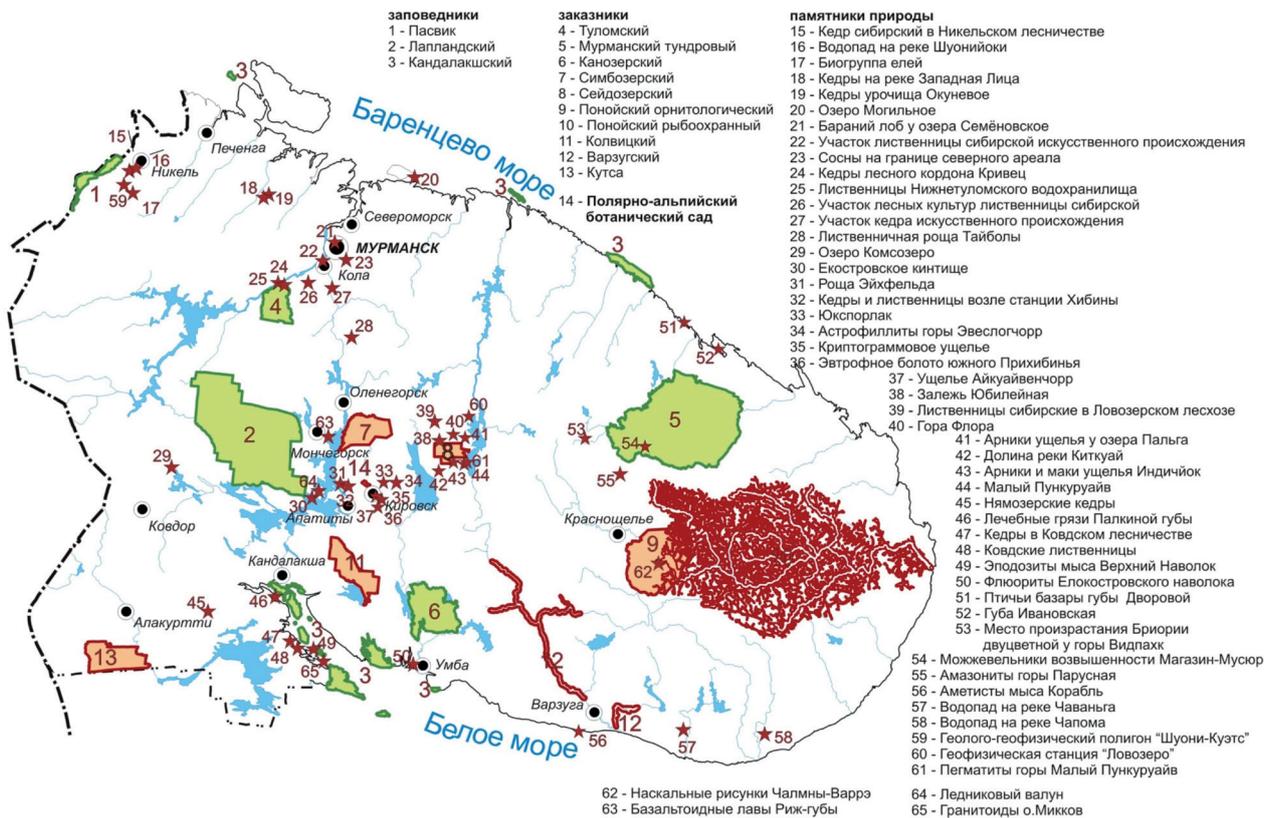


Рис. 1. Схема размещения ООПТ Мурманской обл. на 01.04.2010 г.

Fig. 1. Location of SPNR in the Murmansk region as of 01.04.2010.

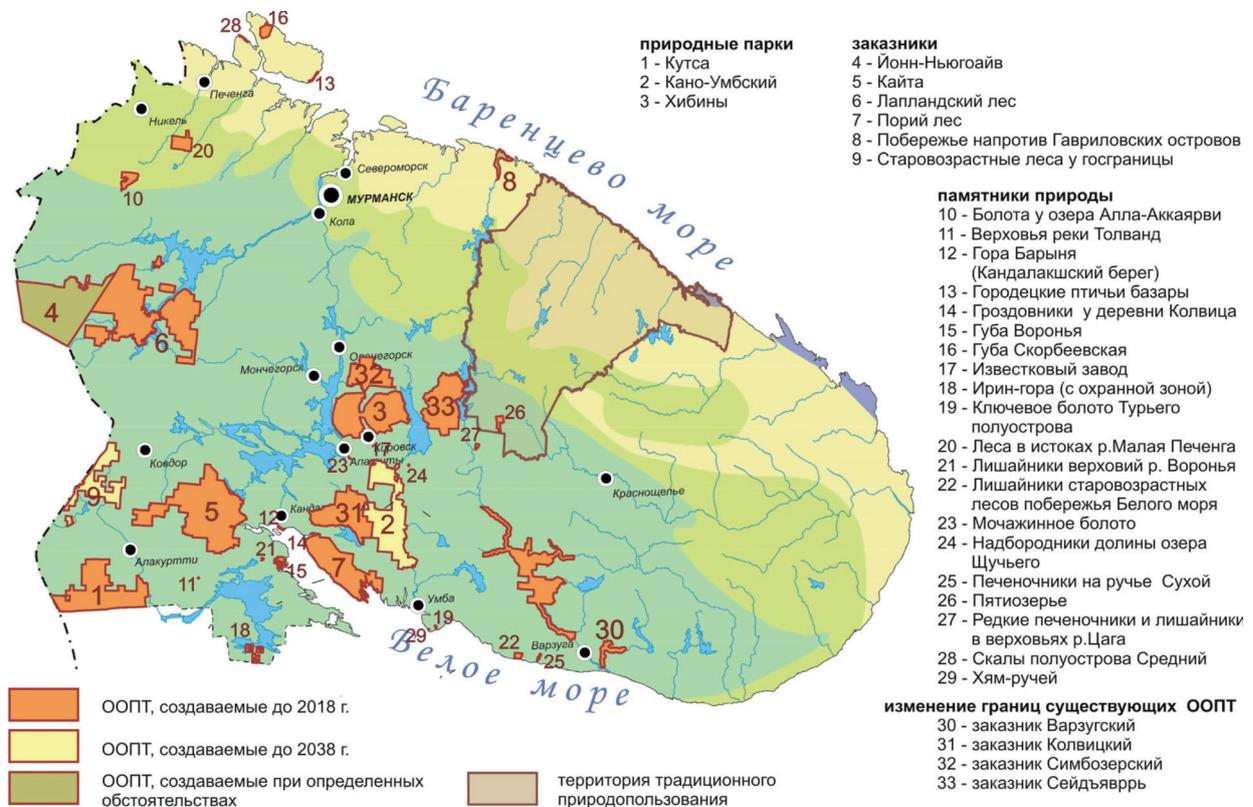


Рис. 2. Схема размещения новых и реорганизуемых ООПТ до 2018 г. и на перспективу до 2038 г.

Fig. 2. Location of new and reorganized SPNR by 2018 and for a long term till 2038.



Рис. 3. Уникальные гранаты г. Берёзовая, Западные Кейвы. Фото: Ю.Л. Войтеховский.  
 Fig. 3. Unique garnets of Beryozovaya Hill, Western Keyvy. Photo: Yu.L. Voytekhovskiy.



Рис. 4. Минералогические образцы из собрания Музея геологии и минералогии им. И.В. Белькова Геологического института КНЦ РАН – мечта многих геотуристов (слева направо, сверху вниз): ставролит, амазонит, эвдиалит, астрофиллит, аметист, ковдорскит.

Fig. 4. Mineralogical samples from the collections of the I.V. Bel'kov Museum of geology and Mineralogy at the Geological Institute KSC RAS delightful for connoisseurs (from left to right and top to bottom): staurolite, amazonite, eudyalite, astrophyllite, amethyst, kovdorskyte.



Рис. 5. Карьер на месторождении амазонита, г. Плоская. Фото: Ю.Л. Войтеховский.  
 Fig. 5. Quarry at an amazonite deposit, Ploskaya Hill, Photo: Yu.L. Voytekhovskiy.



Рис. 6. Мыс Корабль, Терский берег. Здесь можно найти штуфы с аметистом и флюоритом.  
 Фото: Ю.Л. Войтеховский.  
 Fig. 6. Korabl' Cape, Tersky shore. Hand specimens with amethyst and fluorite spar.  
 Photo: Yu.L. Voytekhovskiy.

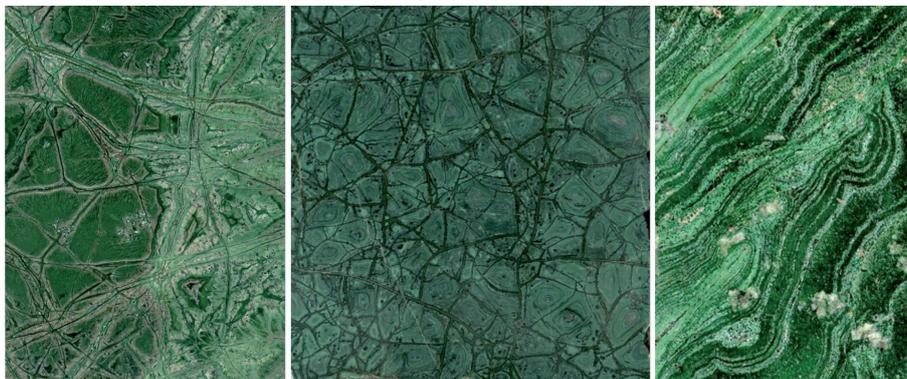


Рис. 7. Текстуры разновидности тингуайта, Снежный цирк, Тахтарвумчорр, Хибиньы. Фото: Ю.Л. Войтеховский.  
 Fig. 7. Texture varieties of tunguayite, Snow Circus, Takhtarvumchorr, Khibiny. Photo: Yu.L. Voytekhovskiy.

## GEOTOURISM AND SPNR NETWORK DEVELOPMENT IN THE MURMANSK REGION

V.N. Petrov<sup>1,2</sup>, K.N. Kobayakov<sup>1</sup>, O.V. Petrova<sup>1</sup>, Yu.L. Voytekhovskiy<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kola Wild Nature Protection Centre, Apatity, kbcc@kola-nature.org

<sup>2</sup>Institute for Northern Industrial Ecology Problems KSC RAS, Apatity

<sup>3</sup> Geological Institute KSC RAS, Apatity, woyt@geoksc.apatity.ru

The Kola Peninsula is much attractive for various tourists. Recently, the geotourism has been gaining popularity with its basis of the unique mineral wealth and landscapes of the Khibiny, Lovozero, Keyvy and other regions. In this respect, it seems reasonable to discuss *pro et contra* for the geotourism from the ecological point of view and in the framework of the strategic development of a SPNR (specially protected natural reservations) network (Fig. 1, 2).

### Advantages:

- Geotourist sites are sustainably visited.
- Geotourist sites are very attractive and promote drawing tourists away from the natural areas that show low tolerance to anthropogenic factors.

### Disadvantages:

- Geotourist sites may be coalesced with unique recreation effect intolerable ecosystems.
- Geotourist routes cover areas free from concurrent paths that expand visitability of these areas.
- Servicing geotourist SPNR draws efforts and means away from other nature conservation tasks.

### How SPHRs benefit the geotourism?

- Protection of geotourist sites.
- Combination of the geotourism and other kinds of natural tourism.
- Higher quality of geotourist service.

### How the geotourism favours SPNR?

- Supplementary development of international cooperation in the field of SPNR.
- Enhancing SPNR competitiveness in the touristic market.
- Improvement of mutual SPNR integration.
- Reducing recreational pressure on the vulnerable biological SPNRs.
- An extra *pro* for creating new SPNRs.

### Nearest future intentions:

- Prearranging geological SPNRs to develop these in the Murmansk region.
- Contributing to the organization and optimal planning of the Khibiny National Park.
- Developing geotourist routes that connect a series of SPNRs, including cross-border ones.
- Contributing to the organization of appropriate SPNRs, i.e. trilateral reservation of the Paz river; forests and hills of Fennoscandia; Oulanka - Panajarvi - Kutsa; the White Sea area.
  - Rating the viability and preservation of representative areas in well-known deposits and looking for ways to combine these with other tasks that can be solved with SPNRs.

### Impressive and available geotourist sites:

- Almandine of the Western Keyvy (Fig. 3).
- Astrophyllites of Eveslogchorr Hill (Fig. 4).
- Amazonites of Hills Ploskaya, Shirokaya and Parusnaya (Fig. 4, 5).
- Amethysts of the Korabl' Cape, Tersky shore (Fig. 4, 6).
- Kyanytes and chiastolites of the Pestsovaya tundra.
- Perovskites of Afrikanda.
- Staurolite of the Eastern Keyvy (Fig. 4).
- Tinguayites of the Snow Circus (Fig. 7).
- Fluor spars of the Korabl' Cape (Fig. 6) and Yelokorgovskiy Hook.
- Zircons of Vavnbed Hill.
- Eudialytes of the Khibiny and Lovozero massifs (Fig. 4) and many other.

## «EUROGRANITES ARCTIC 2009» – СЕВЕРНАЯ ПОЛЕВАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

А. Хейнонен<sup>1</sup>, Э. Хейлимо<sup>1</sup>, Я. Халла<sup>2</sup>, М. Курхила<sup>1</sup>, О.-Т. Рямё<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Университет Хельсинки, Финляндия, Esa.heilimo@helsinki.fi

<sup>2</sup> Финский музей естественной истории

«Eurogranites» – международное сообщество исследователей гранитов, работа которого координируется главным образом из Франции проф. Бернаром Бонаном (Университет Париж-Сюд). Основная функция организации – проведение ежегодных полевых экскурсий в области хорошо изученных европейских гранитов. Полевая конференция «Eurogranites 2009» проходила 14-22 августа в северной Финляндии и на Кольском п-ове, Россия [5]. В Финляндии подготовка экскурсии стала совместной задачей Геологического музея естественной истории и кафедры геологии Университета Хельсинки. В России полевые маршруты организовывались Геологическим институтом Кольского НЦ РАН. Полевые экскурсии этого года также стали частью Международной программы геологической корреляции под эгидой ЮНЕСКО: IGCP-510 «Граниты А-типа и родственные породы во времени» 2005-2010 [3]. «Eurogranites» проводятся в России впервые, в Финляндии – во второй раз. Первая полевая экскурсия в Финляндии прошла в 2005 г. Она охватила граниты южной и центральной части страны [11]. Главной достопримечательностью экскурсии были протерозойские граниты-рапакиви южной Финляндии и неорархейские тоналит-гранодиорит-гранитные серии восточной части Финляндии.

Положительный опыт проведения первой экскурсии финскими организаторами лёг в основу подготовки полевой экскурсии 2009 г. Новая поездка была организована таким образом, чтобы участники международного проекта почувствовали истинный вкус Арктики. Геология экскурсионных объектов включала палеопротерозойские граниты типа Наттанен в северной Финляндии и России, а также знаменитый Хибинский щелочной комплекс на Кольском п-ове. Маршруты полевой экскурсии (рис. 1) пролетали от Рованиеми через Саарисельку, Ивало, Мурманск, Апатиты и Кировск. В Кировске экскурсанты базировались 4 дня, после чего вернулись в Рованиеми через таможенный пост Салла.



Рис. 1. Маршрут полевой конференции «Eurogranites Arctic 2009» 14-22.8.2009.

Fig. 1. The route of "Eurogranites Arctic 2009" field conference 14-22.8.2009.

К сожалению, на проекте сказались последствия мирового экономического кризиса – число участников было меньше запланированного. Их общее количество, включая российских и финских организаторов, составило 28 человек.

**Пятница 14 августа и суббота 15 августа.** 14 августа участники собрались у легендарного отеля «Похъянхови» в Рованиеми. Оттуда на следующий день группа отправилась на север. Церемония открытия полевой конференции прошла при моросящем дожде на холме Кауниспия в Саарисельке.

На следующий день после обеда и вечером на берегу р. Сотайоки состоялся историко-геологический вечер (рис. 2). Вечерняя программа включала знакомство участников с историей разведки золота в Лапландии и повседневной жизнью исследователей на р. Ивало. Вечером участникам был предложен ужин из трёх блюд и возможность посетить золотой прииск местного старателя золота Юхани «Большого Джона» Каллиониеми.

**Воскресенье 16 августа.** Первый день собственно конференции включал посещение гранитов типа Наттанен на холмах Риестоваара и Пюхя-Наттанен (рис. 3). Граниты типа Наттанен – позд-неорогенные с возрастом 1.80-1.77 млрд лет [2, 4, 8, 9] – лишь недавно отнесены к А-типу [6] по результатам геохимических анализов. Nd, Hf и Pb-изотопные составы пород указывают на архейский коровый источник [6, 7, 10].



Рис. 2 (слева). Ужин на берегу реки Сотайоки. За дальним столом лицом к камере: Юхани «Большой Джон» Каллиониemi, Яна Халла, Кристиан Пин, Жаклин Вандер Аувера и Милан Кохут. Спиной к камере: Фернандо Норонха, Джон Коббинг, Берилл Коббинг, Эса Хейлимо и Ноэль Давин. За столом впереди, лицом к камере: Сари Луккари, Аксель Ренно, Томм Андерсен, Марлина Эльбург, Валерия Мизити и спиной к камере: Альвар Соесоо и Матти Курхила. Фото: Эрkki Витикайнен.

Fig. 2. (left) Dinner at the Sotajoki bank. Table on the back, facing the camera: Juhani “Big-John” Kallioniemi, Jaana Halla, Christian Pin, Jacqueline Vander Auwera and Milan Kohut. Back to the camera: Fernando Noronha, John Cobbing, Beryl Cobbing, Esa Heilimo and Noel Davin. Table in the front, facing: Sari Lukkari, Axel Renno, Tom Andersen, Marlina Elburg, Valeria Misiti and back to the camera: Alvar Soesoo and Matti Kurhila. Photo: Erkki Witikainen.

Рис. 3 (справа). Эса Хейлимо рассказывает участникам о геологии гранитов типа Наттанен на вершине холма Пюхя-Наттанен. Фото: Аку Хейнонен.

Fig. 3. (right) Esa Heilimo introduces the participants to the geology of the Nattanen-type granites on top of the Pyhä-Nattanen fell. Photo: Aku Heinonen.

**Понедельник 17 августа.** На этот день было намечено пересечение границы Финляндии и России, где планировалось провести самую отдалённую часть полевой экскурсии. Утром группа подкрепилась завтраком, приготовленным Янне Хенттунен, которая была шефом полевой кухни, обслуживающей экскурсию. Пересечение границы в пункте Раяйоосеппи-Лотта прошло быстро, и прибытие в гостиницу «Полярные Зори» в Мурманске состоялось практически согласно расписанию. В Мурманске группу встретили российские гиды, к.г.-м.н. Валерий Ветрин и к.г.-м.н. Дмитрий Зозуля, которые руководили вечером и ужином в прекрасной обстановке гостиницы.

**Вторник 18 августа.** Первый день на российской стороне был посвящён тем же гранитам типа Наттанен и связанным с ними диоритам Лица-Арагубского комплекса 1.79-1.76 млрд лет в массиве Портубол [12]. Валерий Ветрин рассказал участникам о геологии комплекса. Группа исследователей «Eurogranites» считается крупнейшей международной группой исследователей гранитов этого типа.

Комплекс расположен к северо-западу от Мурманска. Несмотря на то, что запланированные остановки в маршрутах были сделаны по дороге на Печенгу, иногда от участников требовалась немалая ловкость и навыки альпинизма. После полевого обеда и обсуждений геологии комплекса экскурсия проследовала обратно на юг. Вечером группа заселилась в гостинице «Северная» в Кировске.

**Среда 19 августа.** Среда была посвящена семинару в Геологическом институте КНЦ РАН, Апатиты. Встречей руководил председатель научной сессии, директор Геологического института КНЦ РАН проф. Юрий Войтеховский. Семинар включал доклады проф. Жаклин Вандер Аувера (Университет г. Льеж), почётным проф. Брайана Аптона (Университет Эдинбурга) и проф. Томма Андерсена (Университет Осло). После этого были заслушаны доклады по геологии Кольского региона, представленные кандидатами наук Валерием Ветриным и Дмитрием Зозулей.

После обеда был изучен керн Кольской сверхглубокой скважины. Ближе к вечеру проф. Юрий Войтеховский сделал сообщение об истории геологических исследований на Кольском п-ове и провёл



Рис. 4. Директор проф. Ю. Войтеховский даёт участникам полевого конгресса вводную лекцию о Музее геологии и минералогии им. И.В. Белькова. Слева: Юрий Войтеховский, Берил Коббинг, Тамара Багринцева и Аксель Ренно. Сзади спиной к камере Томм Андерсен. Фото: Аку Хейнонен.

Fig. 4. Director Prof. Yuri Voytekhovskiy introduces the Mineralogical Museum of the Geological Institute to the field congress participants. From left: Yuri Voytekhovskiy, Beryl Cobbing, Tamara Bagrintseva, and Axel Renno. On the background, back to the camera: Tomm Andersen. Photo: Aku Heinonen.

экскурсию по Музею геологии и минералогии им. И.В. Белькова (рис. 4). День завершился официальным ужином в Кировске, в котором приняли участие участники и организаторы полевых экскурсий.

**Четверг 20 августа.** Третий день российской части экскурсии включал подъём к перевалу Рамзая (рис. 5) в Хибинских горах. При переходе участникам рассказывали о геологии Хибинского массива [1] местные специалисты: к.г.-м.н. Аркадий Шпаченко и к.г.-м.н. Сергей Карпов, с переводом им помогала Тамара Багринцева.

Переход был достаточно сложным, но в итоге все участники достигли цели. Прекрасные виды, открывавшиеся с вершины, были разбавлены бокалом игристого вина, выпитого за здоровье участников экскурсии и в память Вильгельма Рамзая – первопроходца, открывшего щелочные породы Кольского п-ова.

Рис. 5. Участники полевой конференции на пути к перевалу Рамзая в Хибинских горах. Фото: Сари Луккари.

Fig. 5. Participants of the field conference on their way to the Ramsay Pass in the Khibiny mountains. Photo: Sari Lukkari.



**Пятница 21 августа.** Второй экскурсионный день в Хибинах включал более короткий, но не менее тяжёлый переход к природному амфитеатру Снежного цирка. Высокие скалы цирка труднодоступны, но на вершине путников ожидали знаменитые тингуаитовые дайки с уникальными текстурами остывания и расстеклования [13]. Это послужило участникам стимулом достичь вершины и вновь насладиться прекрасными видами долины Хибин (рис. 6).

**Суббота 22 августа.** Последний день экскурсии ушёл на переезд через российско-финскую границу и таможенное оформление. Дорога из Кировска до Рованиеми заняла почти весь день. Конференция продолжилась в гостинице «Похъянхиви», где экзотическое путешествие завершилось официальным ужином.

Участники «Eurogranites 2009» остались довольны качеством проведения экскурсии, о чем свидетельствуют благодарные отзывы в адрес её организаторов (рис. 7).

**Благодарности.** Организация такой конференции как «Eurogranites 2009» никогда не была лёгкой задачей, в этот раз её проведение было бы



Рис. 6. Вид с утёсов Снежного цирка на долину Хибинских гор. Фото: Аку Хейнонен.

Fig. 6. View from the cliffs of the Snow Circus to the valley in the Khibiny Mountains. Photo: Aku Heinonen.



Рис. 7. Письмо участников «Eurogranites 2009» Б. Коббинг и Дж. Коббинг (Великобритания).

Fig. 7. Letter of the "Eurogranites 2009" participants, B. Cobbing and J. Cobbing.

абсолютно невозможно без помощи российских коллег из Кольского НЦ РАН. За вклад в подготовку полевой экскурсии мы выражаем благодарность Ю. Войтеховскому, В. Ветрину, Д. Зозуле, А. Шпаченко, С. Карпову, Т. Багринцевой, Т. Рундквист и А. Арзамасцеву.

Вместе с организаторами мы благодарим персонал компаний «Inarin Taimen» и «Kemin Liikenne» за предоставленный транспорт. Без Я. Хенттунен, Э. Витикайнен, Й. Риестола, Х. «Хессу» Купсу, Ю. Матинласси, М. Соукка и П. Микконена экскурсия была бы невозможна. Благодарим Отделение Finnparents Университета прикладных наук Рованиеми и преподавателей В. Койвумаа и Н. Ниемисало за проведение инструктажа по технике безопасности перед экскурсией. Кроме того, за сотрудничество и помощь в организации экскурсий мы признательны Б. Бонену (Университет Париж-Сюд), Л. Лаури (ГСФ), А. Кяпюахо (Posiva Oy), Ю. «Большой Джон» Каллиониemi, П. Кивимяки, А. Корья (УХ), О. Коуву, Т. Эльминен (ГСФ) и В. Магга (ГСФ).

1. Downes H., Balaganskaya E., Beard A., *et al.* Petrogenetic processes in the ultramafic, alkaline and carbonatitic magmatism in the Kola Alkaline Province: A review // *Lithos*. 2005. N 85. P 48–75.

2. Front K., Vaarma M., Rantala E., *et al.* Keski-Lapin varhaisproterotsooiset Nattas-tyypin graniittikompleksit, niiden kivilajit, geokemia ja mineralisaatiot. Summary: Early Proterozoic Nattanen-type granite complexes in central Finnish Lapland: rock types, geochemistry and mineralization. *Geol. Surv. Finland. Rep. Invest.* N 85. Espoo, 1989. 77 p. [In Finnish with English summary.]

3. Frost C.D., Rämö O.T., Dall'Agnoll R. IGCP project 510 – A-type Granites and Related Rocks through Time // *Lithos*. 2007. N 97. P vii-xiii.

4. Haapala I., Front K., Rantala E., *et al.* Petrology of Nattanen-type granite complexes, northern Finland // *Precambrian Research*. 1987. N 35. P 225–240.

5. Heilimo E., Vetrin V.R., Halla J., *et al.* EUROGRANITES 2009 - ARCTIC Field Conference guide, August 15<sup>th</sup> to 22<sup>nd</sup> 2009. Unpublished field trip guide. 2009a. 85 p.

6. Heilimo E., Halla J., Lauri L.S., *et al.* The Palaeoproterozoic Nattanen-type granites in northern Finland and vicinity – a postcollisional oxidized A-type suite // *Bull. Geol. Soc. Finland*. 2009b. N 81. P 7–38.

7. Huhma H. Sm–Nd, U–Pb and Pb–Pb isotopic evidence for the origin of the Early Proterozoic Svecofennian crust in Finland // *Geol. Surv. Finland Bull.* 1986. N 337. P 1–48.

8. Mikkola E. Über den Nattanengranit im finnischen Lapplande // *Fennia*. 1928. N 50. P 1–22.

9. Mikkola E. Suomen geologinen yleiskartta kartta 1:400 000: kallioperäkarttojen selitys lehdet B7-C7-D7 Muonio-Sodankylä-Tunttsajoki. Summary: The General geological map of Finland 1:400 000, explanations to the rocks of maps B7-C7-D7 Muonio-Sodankylä-Tunttsajoki. Suomen geologinen toimikunta. 1941. 286 p.

10. Patchett J.P., Kouvo O., Hedge C.E., *et al.* Evolution of continental crust and mantle heterogeneity: Evidence from Hf isotopes. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1981. N 78. P 279–297.

11. Rämö O.T., Halla J., Nironen M., *et al.* EUROGRANITES 2005 – Proterozoic and Archaean granites and related rocks of the Finnish Precambrian. *Publ. Dpt Geol A1, Univ. Helsinki*. 2005.

12. Ветрин В.Р., Бережная Н.Г., Родионов Н.В. Петрология постороженных гранитоидов северной части Балтийского щита // *Докл. РАН*. 2006. 411А. № 9. С. 1476–1479 с.

13. Voytekhovskiy Y.L., Shpachenko A.K., Skiba V.I. Cell-zonal textures of tinguatites from the Kola Peninsula // *Geologische Rundschau*. 1997. № 86. С. 531–538.

## «EUROGRANITES ARCTIC 2009» – A NORTHERN FIELD CONFERENCE

A. Heinonen<sup>1</sup>, E. Heilimo<sup>1</sup>, J. Halla<sup>2</sup>, M. Kurhila<sup>1</sup>, O.T. Rämö<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Helsinki, Finland, Esa.heilimo@helsinki.fi

<sup>2</sup> Finnish Museum of Natural History

“Eurogranites” is an international network of granite researchers coordinated principally from France by Professor Bernard Bonin (Université Paris Sud). The core function of the organization are the yearly field trips to well studied European granite localities. The “Eurogranites” field conference of 2009 was organized from the 14<sup>th</sup> to the 22<sup>nd</sup> of August in northern Finland and Kola Peninsula, Russia [5]. In Finland the preparations were handled by a joint team of the Geological Museum of the Museum of Natural History and the Department of Geology of the University of Helsinki. In Russia the field trip was organized by the Geological Institute of the Kola Science Center (Russian Academy of Sciences). This year’s field trip was also a part of the UNESCO-funded International Geological Correlation Program (IGCP-510, A-type granites and Related Rocks through Time, 2005-2010; [3]). This was the first time that “Eurogranites” visited Russia and at the same time the network’s second visit to Finland. The previous field trip to Finland was organized in 2005 and it offered a broad survey to the granites of Southern and Central Finland [11]. The main attractions of the trip included e.g. the Proterozoic rapakivi granites of southern Finland and the Neoproterozoic tonalite-granodiorite-granite series of eastern Finland.

Based on the positive feedback from this previous excursion the Finnish organizers were given the opportunity to arrange also the 2009 field trip. Consequently, the new trip was designed to offer the international participants something different – a true arctic experience.

The geology of the trip comprised the Palaeoproterozoic Nattanen-type granites in northern Finland and in Russia and the famous Khibiny massif of the Kola alkaline complex. The route of the field trip (Fig. 1) ran from Rovaniemi via Saariselkä, Ivalo, and Murmansk to Apatity and Kirovsk. Kirovsk was the base of day trips for four days after which the retinue returned to Finland and Rovaniemi via the border crossing point of Salla.

Unfortunately, the global economic situation affected also this project and the amount of participants remained lower than what was originally planned. All the Russian and Finnish organizers included, the amount of participants was 28.

**Friday the 14<sup>th</sup> to Saturday the 15<sup>th</sup> of August.** On the 14<sup>th</sup> of August, the participants assembled at the legendary hotel “Pohjanhovi” in Rovaniemi. From there, the trip commenced northward the following day. The opening ceremony of the field conference was held in a drizzly weather on top of the Kaunispää fell in Saariselkä.

The following late afternoon and evening consisted of a historical-geological soiree on the bank of the river Sotajoki (Fig. 2). The evening program gave the participants a glimpse of the history of the gold of Lapland and the everyday life of modern day gold prospectors on the river Ivalo. During the evening the participants were offered a three-course outdoor menu and an opportunity to visit the gold claim of a local goldpanner Juhani “Big-John” Kallioniemi.

**Sunday the 16<sup>th</sup> of August.** The first actual conference day consisted of visits to the Nattanen-type granites on the fells Riestovaara and Pyhä-Nattanen (Fig. 3). The Nattanen-type granites are 1.80 to 1.77 Ga late-orogenic granites [8, 9, 4, 2], which have only recently been identified as A-type based on their geochemistry [6]. The Nd, Hf, and Pb isotope compositions of the rocks indicate an Archean crustal source [10, 7, 6].

**Monday the 17<sup>th</sup> of August.** The day was reserved for the border crossing from Finland to Russia, where the latter part of the field-trip was planned to take place. In the morning the logistics team was also strengthened by the chef Janne Henttunen who maintained the field kitchen that provided for most of the meals during the trip.

The border crossing at the Rajajooseppi-Lotta station went smoothly and the arrival to the hotel “Polyarnyje Zori” in Murmansk was almost on schedule as planned. In Murmansk the entourage was greeted by the Russian guides Drs. Valery Vetrin and Dimitry Zozulya, who hosted the evening and the dinner in the glamorous setting of the hotel.

**Tuesday the 18<sup>th</sup> of August.** The first field day on the Russian side of the border featured the Natanen-type equivalent granites and associated diorites of the 1.79-1.76 Ga Litsa-Araguba complex in the Portlubol massif [12]. Dr. Valery Vetrin guided the participants to the geology of the complex. The Eurogranite trip is, as far as it is known, the biggest international crew to examine these granites.

The complex is located northwest from Murmansk. Even though the planned stops were on the road leading to Petšenga, accessing some of them required further agility and climbing skills. After a field lunch and discussions on the geology of the complex the excursion continued back south. The goal of the evening was the hotel "Severnaja" in Kirovsk.

**Wednesday the 19<sup>th</sup> of August.** Wednesday was reserved for a seminar held in the Kola science center in Apatity. The host of the meeting was the director of the Geological institute Prof. Yury L. Voytekhovskiy, who also acted as the chairman of the scientific session. The seminar consisted of invited talks from Prof. Jacqueline Vander Auwera (Université de Liege), Prof. Emeritus Brian Upton (University of Edinburgh) and Prof. Tomm Andersen (Universitetet i Oslo). The invited talks were followed by presentations on the geology of the Kola region, given by Drs. Valery R. Vetrin, and Dimitry R. Zozulya.

After the lunch it was time for a tour of the drill cores from the Kola super deep drill hole. In the afternoon professor Voytekhovskiy gave a talk on the history of geological research in the Kola region and a guided tour to the mineralogical museum of the institute (Fig. 4). The day ended in a conference dinner in Kirovsk attended by all collaborators and participants of the field trip.

**Thursday the 20<sup>th</sup> of August.** The third day on the Russian leg of the field trip included a demanding hike (Fig. 5) to the Ramsay pass on the Khibiny mountains. During the hike the participants were guided to the geology of the Khibiny massif [1] by the local experts Arkadi Shpachenko and Sergey Karpov who were assisted in the job by the very capable translator Tamara Bagrintseva.

The hike was a strenuous one but eventually all participants were able to find their way to the pass. The amazing views opening from the top were crowned with a glass of sparkling wine enjoyed to the health of the participants and to honor Wilhelm Ramsay – the finder of the alkaline rocks of the Kola Peninsula.

**Friday the 21<sup>st</sup> of August.** The second field day in the Khibiny mountains included a slightly shorter but at least equally tiring hike to the natural amphitheater of Snow Circus. The high cliffs of the Circus were hard to reach but the prize awaiting on top were the famous tinguaitite dykes with their unique cooling- and devitrification structures [13]. This spurred most of the participants to climb all the way up to the once again spectacular views over the valleys of the Khibiny (Fig. 6).

**Saturday the 22<sup>nd</sup> of August.** The last day of the excursion was reserved again for travelling and border formalities to cross back to Finland from Russia. Eventually the trip from Kirovsk to Rovaniemi took almost the whole day after which the conference convened at the hotel "Pohjanhovi" in Rovaniemi where the exotic adventure was finally concluded with the official closing-dinner.

Participants of "Eurogranites 2009" were satisfied with the quality of the excursions organization and expressed their gratitude in their letters to the organizers (Fig. 7).

**Acknowledgements.** Organizing a trip like the "Eurogranites 2009" conference is never a simple task, but this time it would have proved truly impossible without the help of the Russian colleagues in the Kola Science Center. The following people are duly thanked for their collaboration in the field trip preparations: Professor Yury L. Voytekhovskiy, Valery Vetrin, Dimitry Zozulya, Arkady Shpachenko, Sergey Karpov, Tamara Bagrintseva, Tatjana Rundkvist, and Andrei Arzamastsev.

In addition the organizers would like to thank the personnel of the companies Inarin Taimen and Kemin Liikenne for keeping the wheels turning during the trip. Without J. Henttunen, E. Witikainen, J. Riestola, H. "Hessu" Kupsu, J. Matinlassi, M. Soukka and P. Mikkonen the trip would not have succeeded. The FINNBARENTS unit at the Rovaniemi University of Applied Sciences and instructors Vesa Koivumaa and Niko Niemisalo are thanked for organizing the safety briefings before the trip. Also the following people are thanked for their collaboration and contributions: B. Bonin (Université Paris Sud), L. Lauri (GTK), A. Käpyaho (Posiva Oy), J. "Big John" Kallioniemi, P. Kivimäki, A. Korja (UH), O. Kouvo, T. Elminen (GTK) and V. Magga (GTK).

## РАБОЧЕЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ПРОГРАММЕ КОЛАРКТИК

Ю.Л. Войтеховский<sup>1</sup>, П. Итконен<sup>2</sup>, П. Йоханссон<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, woyt@geoksc.apatity.ru

<sup>2</sup> Служба природоохранных услуг Финляндии (Метсахаллитус), Вантаа, pertti.itkonen@metsa.fi

<sup>3</sup>Геологическая служба Финляндии, Рованиemi, peter.johansson@gtk.fi

28 апреля 2010 г. на базе Лапландского государственного биосферного заповедника в г. Мончегорске состоялось рабочее совещание по программе Коларктик, финансируемой Евросоюзом. Цель – подготовка конкурсного проекта приграничного сотрудничества между финскими и российскими партнёрами, так или иначе занятыми в сфере геологии, экологии, землеустройства и охраны природы. С финской стороны в совещании участвовали: П. Итконен – руководитель проекта, менеджер Службы природоохранных услуг Финляндии, П. Йоханссон – менеджер отдела землеустройства и окружающей среды, Северный офис Геологической службы Финляндии, В. Хаатайя – специалист отдела маркетинга и PR муниципалитета Салла. Российскую сторону представляли сотрудники Лапландского заповедника (С. Шестаков – директор, В. Фролова – заместитель директора) и Геологического института КНЦ РАН (проф. Ю. Войтеховский – директор, к.г.-м.н. А. Мокрушин – учёный секретарь, Т. Багринцева – начальник общего отдела). Круг потенциальных участников проекта с обеих сторон гораздо шире.



Рис. 1. Основные докладчики: П. Итконен, П. Йохансон, Ю. Войтеховский.

Fig. 1. Key speakers: P. Itkonen, P. Johansson, Yu. Voytekhovsky.

Участники встречи заслушали три доклада: П. Итконен «Презентация проекта: концепция, структура, партнёры», П. Йоханссон «Геотуризм в Финляндии» и Ю. Войтеховский «Геотуризм – новый тренд приграничного сотрудничества» (рис. 1). В докладах было подчёркнуто, что новый проект базируется на положительных результатах, достигнутых ранее между отдельными организациями России и Финляндии (Геологическая служба Финляндии, Геологический институт КНЦ РАН, запо-

ведники, университеты, муниципалитеты и др.) и направлен на разработку возможностей, диктуемых временем. Новыми тенденциями являются: растущая мобильность населения, относительная прозрачность государственных границ и экологическая безопасность. Применительно к природным особенностям Финноскандии это диктует новые акценты: развитие сети природоохранных зон, совершенствование инфраструктуры геотуризма, в особенности – издание качественных информационных материалов по российской территории на основных европейских языках.

Дискуссия показала, что цели финских и российских партнёров проекта несколько различны. Поиск взаимопонимания – одна из задач проекта. Обе стороны согласились с тем, что большинству геотуристов интересны легкодоступные объекты с минимально необходимой инфраструктурой (дороги, гостиницы, пункты питания и медицинского обслуживания). На Кольском п-ове к таковым можно отнести Хибинский, Ловозёрский и Мончегорский комплексы с весьма интересной историей освоения, геологией и минералогией. Не решаемой местными властями проблемой является разрешение на вывоз за границу коллекционных минералогических образцов. Из-за отсутствия дорог, проходимых колёсным транспортом, недоступны центральная и восточная части п-ова. По этим причинам Мурманская обл. ежегодно теряет десятки тысяч платёжеспособных посетителей. Для сравнения: в 2009 г. национальный парк Пюхя-Луосто в северной Финляндии посетили 138 тыс. чел.



Рис. 2. Эпизоды встречи.

Fig. 2. Episodes of the meeting.

Финская сторона признала недостаточность геологического образования в своих школьных программах и весьма заинтересована в расширении научного кругозора молодёжи путём геологических экскурсий по Кольскому п-ову. В связи с этим интересно предложение объединить музеи естественнонаучного профиля, располагающиеся на территории Финляндии и Мурманской обл., независимо от их ведомственной принадлежности в единую экскурсионную и информационную (с помощью Интернета) систему. Несмотря на различие акцентов, общей платформой проекта обеими сторонами признаны: развитие науки и образования, социальная ответственность перед населением регионов, взаимовыгодное сотрудничество ради сближения культур. Обе стороны рассматривают возможный проект как новый шаг в развитии приграничных российско-финских отношений. Отсутствие финансирования не прекратит наши культурные связи, но задержит переход российской стороны к стандартам Евросоюза.

## WORKSHOP ON THE KOLARCTIC PROGRAM

Yu.L. Voytekhovskiy<sup>1</sup>, P. Itkonen<sup>2</sup>, P. Johansson<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Geological Institute KSC RAS, Apatity, woyt@geoksc.apatity.ru

<sup>2</sup>Natural Heritage Services of Finland (Metsähallitus), Vantaa, pertti.itkonen@metsa.fi

<sup>3</sup>Geological Survey of Finland, Northern Office, Rovaniemi, peter.johansson@gtk.fi

On April 28, 2010 the workshop on the EU-funded Kolarctic program took place in the Lapland State Biosphere Reserve in Monchegorsk. It aimed at preparing a competition project on cross-border cooperation between the Russian and Finnish partners variously involved in geology, ecology, land development and nature protection. The Finnish party was represented by P. Itkonen – the Project Manager and the one of the Natural Heritage Services of Finland, P. Johansson – Manager of Land Use and Environment Department, Northern Office of the Geological Survey of Finland, V. Haataja – employee of Marketing and PR Department of the Salla Municipality. The Russian party was represented by employees of the Lapland Reserve (S. Shestakov – Director, V. Frolova – Deputy Director) and Geological Institute KSC RAS (Prof. Yu. Voytekhovskiy – Director, Cand. Sci. (Geol.-mineral.) A. Mokrushin, T. Bagrintseva – Chief of General Department). The circle of prospective participants of the project may be far wider.

Participants of the meeting listened to three reports: P. Itkonen “Project presentation: concept, structure, partners”, P. Johansson “Geotourism in Finland” and Yu. Voytekhovskiy “Geotourism – a new trend in cross-border cooperation” (Fig. 1). The reports emphasized that the new projects is based upon positive results that were earlier obtained in cooperation between different Russian and Finnish organizations (Geological Survey of Finland, Geological Institute KSC RAS, reserves, universities, municipalities, etc.). The new project aims at elaborating new up-to-date possibilities. New trends are the growing population mobility, borders being rather easy to cross and ecological safety. So far the natural peculiarities of Fennoscandia are concerned, all these set forth new focuses. These are development of the preserved natural objects network, improving the infrastructure for the geotourism, in particular, publishing high-quality informational materials on the Russian territory in major European languages.

The discussion revealed the aims of the Russian and Finnish partners differing in a way. Seeking mutual understanding is a prime aim of the project. Both parties agreed that the majority of geotourists is interested in easily accessible objects with a minimum of the necessary infrastructure (roads, hotels, snack-pits and stations of medical assistance). On the Kola Peninsula these are the Khibiny, Lovozero and Monchegorsk complexes with rather an interesting history of its development, geology and mineralogy. The problem the local authorities are cannot solve is getting a permission on transferring collection mineral samples abroad. Due to the lack of the roads that the wheel transport can go on, the central and eastern parts of the peninsula are impassible. Due to all this, annually the Murmansk region misses hundreds of solvent visitors. For your consideration: 138000 people visited the Pyhä-Lyosto National Park in Northern Finland in 2009.

The Finnish party acknowledged the lack of the geological knowledge in its school program. It is much interested in making the youth more scientifically broad-minded via geological excursions on the Kola Peninsula. Interesting in this connection is the suggestion to unite museums of natural history locating in Finland and Murmansk region in one informational system (with the help of the Internet), no matter what state department these are of. Despite the focuses differing, the common platform of the project was deduced to be as follows: science and education promotion, social responsibility before the population of the regions, mutually fruitful cooperation for the sake of the cultural harmonization. Both parties treat the project as a new step forward to the development of the Russian-Finnish cross-border cooperation. No financial maintenance, if so, will not break our cultural ties, but impede the Russian party going to the EU standards.

**ДЕНЬ ГЕОЛОГА 4 АПРЕЛЯ 2010**  
**GEOLOGIST'S DAY ON APRIL 4, 2010**







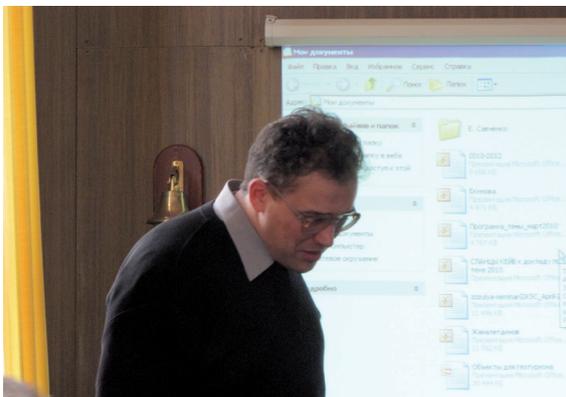




**НАУЧНАЯ СЕССИЯ 5 АПРЕЛЯ 2010**  
**SCIENTIFIC SESSION ON APRIL 5, 2010**











Государственная телевизионная и радиовещательная компания

**МУРМАН**



**ПРЕССА**

**PRESS**





## Уникальные проекты

*В воскресенье страна отмечала День геолога. В понедельник в Геологическом институте КНЦ РАН состоялся «круглый стол» по вопросам международного сотрудничества.*

– День геолога мы встретили с рабочим настроением, – рассказал директор института Юрий Войтеховский. – Немного расстраивает тот факт, что финансирование по статье «Прочие расходы» в этом году сокращено на 25 процентов. Меньше средств останется для закупки нового оборудования и проведения ремонтов. Но мы будем продолжать работу.

### Привлекают людей

Например, кандидат геолого-минералогических наук Дмитрий Зозуля уже несколько лет работает над проектом по изучению щелочных пород в Баренц-регионе совместно с норвежской стороной. Несколько раз проходили полевые исследования в районе города Тромсё. В ходе реализации проекта были обнаружены различные минералы, в том числе и довольно редкие, не так часто встречающиеся в мире. Дмитрий Зозуля выразил надежду, что подобные минералы будут обнаружены и в ходе ответного визита норвежцев на Кольский полуостров. И тогда, возможно, некоторые кольские объекты будут также включены в список исследований.

сор Владимир Конухин (Горный институт КНЦ РАН) огласил результаты международного исследования подземного источника чистой воды в районе реки Малой Белой. Исследования проводились совместно со специалистами «Водоканала» и учёны-

ков – единственно верное решение проблемы. Подземные воды не подвержены деятельности человека, неагрессивны к трубам водопровода, их свойства стабильны.

В ходе исследований были уточнены запасы подземных вод (30 тысяч кубометров в сутки), проделана интересная работа по планируемой схеме водопровода, уточнена трасса закладки, более экономичная, нежели предыдущая. Кроме того, сделаны выводы о качестве воды

стью можно в том числе определять возраст воды. Считается, что чем «старше» вода, тем безопаснее она для использования. В США, например, не используют воду «моложе» 6 лет.

Доклад кандидата геолого-минералогических наук Юрия Нерадовского был посвящён проблемам российско-китайского сотрудничества. Китайские коллеги занялись бурением сверхглубоких скважин. Уже дважды они побывали в Мурманской области, чтобы перенять опыт бур-



Юрий Войтеховский с новым номером журнала «Тиетта»



**Владимир Конухин рассказывает о подземных источниках чистой воды для города**

– Я впервые пригласил Дмитрия к нам два с половиной года назад, – рассказал профессор университета Тромсё Карэ Куллеруд, – мы очень хорошо поработали. Надеюсь, что в будущем можно будет привлечь больше людей из Апатитов, в том числе студентов.

### Чистая вода

Следующий доклад был посвящён проблеме, которая касается каждого апатитчанина. Профес-

си Геологической службы Финляндии.

Напомним, сейчас питьевая вода поступает к нам из озера Имандра, куда попадают сточные воды предприятий и городов, расположенных на его берегах. Независимые эксперты называют озеро самым загрязнённым в Мурманской области. Содержание некоторых токсичных веществ в воде превышает норму.

В этом плане переход на водозабор из подземных источни-

из подземного источника: содержание вредных примесей минимально.

– Была проведена международная экспертиза возможности использования подземных вод в районе реки Малой Белой, – подчеркнул Владимир Конухин. – Выводы экспертизы положительные. Это месторождение надо использовать.

### Баренц-университет

Гость из Мурманского государственного технического университета кандидат биологических наук Сергей Завалко представил проект «Баренцев кроссграничный университет». Он подразумевает подготовку магистров, которые бы владели информацией о проблемах, характерных для всего Баренц-региона в целом.

– Проблемы общие для всех стран региона, – пояснил Сергей Завалко. – Это охрана окружающей среды, здоровье человека, создание информационных сетей, социальная поддержка.

В реализации проекта участвует ряд вузов Северо-Запада России, Финляндии, Норвегии и Швеции. Сейчас трое российских студентов получают образование по данному проекту в Финляндии.

### Сверхглубокую восстановят?

Доктор химических наук Игорь Толстихин рассказал об уникальном методе, позволяющем дать ответы на фундаментальные вопросы океанологии. Этот метод использует изотопные трассеры. Он был разработан отечественными учёными, но в настоящее время в России практически не используется. С его помо-

ния и проведения необходимых исследований. Планы китайцев весьма амбициозны – пробурить скважины глубиной 15 км и побить рекорд, пока принадлежащий России (12 261 м).

– Наша сверхглубокая сейчас в запущенном состоянии, – рассказал во время перерыва Юрий Войтеховский. – Есть планы по её восстановлению, но, как всё это будет сделано, пока непонятно. Лучше всего было бы создать на её базе научно-образовательный центр, как сделано в большинстве стран мира.

### Геотуризм

Часть докладов была посвящена геотуризму.

– В странах Скандинавии геотуризм имеет цивилизованный вид, – рассказал Юрий Войтеховский. – Финские коллеги заинтересованы в том, чтобы и на Кольском полуострове это направление развивалось. Они убедили меня, что это возможно и что Евросоюз выделяет на это средства в рамках проектов приграничного сотрудничества. Наш Кольский край богат экзотическими местами с точки зрения геологии и минералогии. Это знаем мы и знает весь мир. К нам приезжают из разных уголков планеты за красивыми минералогическими образцами, поэтому здесь необходимо развивать туристическую инфраструктуру. Мы планируем выиграть конкурс на предоставление средств от Евросоюза, выпустить карты и буклеты, где будут отмечены наиболее интересные объекты для геотуризма. Если не получится, обойдёмся собственными возможностями, но что-то полезное для нашего региона сделать обязательно.

**Марина Мязина**



СОТРУДНИЧЕСТВО

## «ПАРК ЛЕДНИКОВОГО ПЕРИОДА»

### Он может появиться на туристической карте региона

**Зоя КАБЫШ,**  
фото **Василия КОЛЬКИ,**  
Апатиты

Что может стать объектом трансграничного сотрудничества для ученых? Все - от так называемых узких проблем вроде изучения щелочных пород в Баренц-регионе до подготовки специалистов будущего. Могут они внести свой вклад и в такую социально-экономическую сферу, как развитие туризма. Об этом шла речь на заседании «круглого стола» в Геологическом институте КНЦ РАН: ученые провели своеобразный смотр трансграничных проектов, полезных как для науки, так и имеющих прикладное значение для нашего региона.

Так, предметом финско-российских исследований послужила засушливая для апатитчан тема - перспективы снабжения города питьевой водой из подземных источников. Проблеме этой уже лет двадцать, и по понятным причинам она становится все более актуальной. По мнению независимых экспертов, Имандра, откуда происходит водозабор, - самое грязное озеро в Мурманской области. Бытовые и промышленные стоки делают свое дело. Ученые констатируют: озеро практически погубле-

но, поскольку тяжелые металлы засорили ил, а потому вернуть Имандре первозданную чистоту можно, лишь «сменив дно».

Профессор Владимир Конухин, сотрудник Горного института, представил результаты международной экспертизы, которой подвергся альтернативный проект водоснабжения Апатитов - из подземных источников в долине реки Малая Белая. Российские и финские специалисты после сопоставления результатов разноплановых исследований пришли к выводу: качество «подземной» воды несравненно выше, чем в отравленном отходами озере, а мощность источника такова, что он с легкостью обеспечит полутонный запас воды для городских нужд, даже «не заметив» этого, - потерянный ресурс быстро восстановится. Детально проработано в этом проекте все, вплоть до вариантов схемы водоводов. Единственное, чего ученые спрогнозировать не могут (добавлю от себя) - когда на это чрезвычайно важное дело удастся найти средства...

Доцент МГТУ Сергей Завалко познакомил участников «круглого стола» с новым интересным проектом, объединившим вузы Северо-Запада России, в том числе три мурман-

ских, и Финляндии. Речь идет о Баренцевом кроссграничном университете - так назвали организаторы опыт подготовки магистров (по Болонской системе) по новому методу. Благодаря ему особо перспективные студенты с недавних пор получили возможность обучаться по единым магистерским программам - иностранные студенты в наших вузах и наоборот - в течение года из двух, положенных на магистратуру.

С точки зрения организаторов, эти программы позволят получить специалистов, которые наилучшим образом подготовлены для решения вопросов, насущных для всего Баренцева региона, - от экологии и социальных проблем до состояния здоровья северян. Без сомнения, есть пока в проекте «узкие места», скажем, отсутствие на данный момент мощных исследовательских лабораторий на базе российских вузов... «На нынешней базе науку будущего трудно преподавать», - констатировали заинтересованные слушатели, но в целом такой подход к воспитанию студенческой молодежи одобрили. Возможно, в скором времени на повестку дня встанет вопрос присоединения к этой работе и научного звена.

Примеры удачного сотрудни-

чества ученых России, Китая, Болгарии, Финляндии в сфере геологии можно множить и множить, - «круглый стол» дал для этого обильную информацию. Однако особенно хочется отметить перспективную линию кооперации, которая намечается у нашего Геологического института и Геологической службы Финляндии в развитии геотуризма. Собственно, нова эта тема только для российской стороны, в благополучной же Скандинавии данное направление хорошо освоено и дает положительный социальный эффект, как отметил директор ГИ профессор Юрий Войтеховский.

Так, некоторые геологические объекты давно уже стали и объектами туристической - архипелаг Кваркен между Финляндией и Швецией, золотоносные реки Северной Финляндии, штольня отработанного рудника Оутукумпу, начинающаяся кинозалом и заканчивающаяся... рестораном и концертным залом. Примеров тьма. Теперь страноседка предлагает сотрудничать в этом направлении и нам. К осени Геологический институт подготовит заявку на финансирование проекта в Евросоюз.

И если ее одобряют, то со временем туристские тропы будут проложены к уникальным объектам - свидетелям ледникового периода в Ловозерье (таких больше нет в мире). И к ледниковым образованиям, оставшимся в долине озера Малый Вудъявр близ Кировска, и к древним береговым валам Белого моря в Кандалакшском заливе... В популярном изложении «истории ледникового периода с иллюстрациями» вполне могут тягаться с другими «приманками» для туристов.

- Хибины, Ловозерские тундры, Терский берег - это геологический рай, - авторитетно доказывает заведующий лабораторией геологии и минералогии кайнозойских отложений Геологического института, кандидат геолого-минералогических наук Василий Колька, под чьим руководством идет разработка карты геологических объектов для российско-финского проекта. - Развитие геотуризма здесь очень перспективно.

Что ж, возможно, с легкой руки ученых Хибин действительно станут геотуристским Клондайком. Трехсотлетняя «старушка геология» стареть не собирается - «вызовам времени» отвечает по-прежнему достойно.



В долине озера Малый Вудъявр несколько геологических объектов ледникового периода.

## Содержание

От редактора: День геолога – 2010.....	3
<b>Научные проекты</b>	
<b>Scientific projects</b>	
В.И. Богоявленский. Термобарические условия и нефтегазоносность глубокопогруженных отложений западной Арктики.....	6
V.I. Bogoyavlensky. Thermobaric settings and oil-and-gas content of the West Arctic deep-seated sediments.....	8
Ю.Л. Войтеховский, В.В. Щипцов. FENGOT и FODD – перспективные проекты международного сотрудничества.....	9
Yu.L. Voytekhovskiy, V.V. Shchiptsov. FENGOT и FODD – promising projects of international collaboration.....	11
Ф.Ф. Горбацевич, М.В. Ковалевский, О.М. Тришина. Упруго-анизотропные свойства пород в разрезе финской скважины Оутокумпу (ОКУ).....	12
F.F. Gorbatshevich, M.V. Kovalevskiy, O.M. Trishina. Elastic and anisotropic properties of rocks in the section of the Finnish Outokumpu (OKU) borehole.....	15
А.А. Жамалетдинов, А.Н. Шевцов, Б.В. Ефимов, П. Кайкконен, Т. Корья. Изучение электропроводности и реологии Фенноскандинавской литосферы с использованием контролируемых источников питания.....	16
A.A. Zhamaletdinov, A.N. Shevtsov, B.V. Efimov, P. Kaikkonen, T. Korja The study of electrical conductivity and rheology of the Fennoscandian lithosphere with controlled power sources.....	18
Д.Р. Зозуля, К.-В. Куллеруд, Е.-К. Равна, Х. Хансен. Результаты российско-норвежского проекта «Щелочные породы Баренцевоморского региона» при поддержке Баренц-секретариата и Исследовательского совета Норвегии.....	20
D. Zozulya, K.V. Kullerud, E.K. Ravna, H. Hansen. Results of the Russian-Norwegian project “Alkaline rocks within the Barents region” supported by Barents Secretariat and Research Council of Norway.....	25
Т.В. Каулина, Т. Ахмад. Российско-индийский проект: результаты и перспективы сотрудничества.....	27
T.V. Kaulina, T. Ahmad. Russian-Indian project: results and perspectives of cooperation.....	29
В.В. Колька. Результаты и перспективы международного сотрудничества Геологического института КНЦ РАН в области четвертичной геологии.....	30
V.V. Kol'ka. Results and perspectives of international cooperation of the Geological Institute KSC RAS in the field of Quaternary geology.....	31
В.П. Конухин, А.А. Козырев, А.О. Орлов, Ю.Г. Смирнов. Исследование подземных источников чистой воды для города Апатиты: пример успешного финско-российского сотрудничества.....	32
V.P. Konukhin, A.A. Kozyrev, A.O. Orlov, Yu.G. Smirnov. Study of underground sources of pure water for the town of Apatity: successful example of Finnish-Russian cooperation.....	33
Л.М. Лялина. Проект международного сотрудничества Российской и Болгарской академий наук.....	34
L.M. Lialina. Project on international cooperation of the Russian and Bulgarian Academies of Sciences.....	36
Ю.Н. Нерадовский. Перспективы сотрудничества Геологического института КНЦ РАН и Института геологии Китайской академии геологических наук.....	38
Yu.N. Neradovsky. Cooperation perspectives of the Geological Institute KSC RAS and the Institute of Geology of Chinese Academy of Geological Sciences.....	40
И.Н. Толстикхин. Радиоактивные трассеры скорости миграции природных вод: $^3\text{H}$ – $^3\text{He}$ систематика.....	41
I.N. Tolstikhin. Radioactive tracers of migration rates of natural water: $^3\text{H}$ – $^3\text{He}$ systematics.....	43

## **Геотуризм** **Geotourism**

Ю.Л. Войтеховский, Р. Пиетилля, П. Йоханссон, Й. Пихлайя. Геотуризм – перспективное направление приграничного сотрудничества.....	45
Yu.L. Voytekhovsky, R. Pietilä, P. Johansson, J. Pihlaja. Geotourism – promising trend of cross-border cooperation.....	46
Ю.Л. Войтеховский, О.-Т. Рямё. Международный семинар «Eurogranites Arctic 2009»: пример успешного российско-финского сотрудничества в области геотуризма.....	47
Yu.L. Voytekhovsky, O.T. Rämö. «Eurogranites Arctic 2009» international workshop: an example of successful Russian-Finnish cooperation in geotourism.....	50
И.Л. Волкова. Умба – сказка беломорья.....	52
I.L. Volkova. Umba – a fairy-tale of the White Sea.....	54
В.В. Колька, О.П. Корсакова. Объекты квартера, перспективные для геотуризма в Кольском регионе.....	55
V.V. Kol'ka, O.P. Korsakova. Attractive geotourist Quaternary sites in the Kola region.....	56
В.Н. Петров, К.Н. Кобяков, О.В. Петрова, Ю.Л. Войтеховский. Геотуризм и развитие сети ООПТ в Мурманской области.....	57
V.N. Petrov, K.N. Kobayakov, O.V. Petrova, Yu.L. Voytekhovsky. Geotourism and SPNR network development in the Murmansk region.....	61
А. Хейнонен, Э. Хейлимо, Я. Халла, М. Курхила, О.-Т. Рямё. «Eurogranites Arctic 2009» – северная полевая конференция.....	62
A. Heinonen, E. Heilimo, J. Halla, M. Kurhila, O.T. Rämö. «Eurogranites Arctic 2009» – a northern field conference.....	66
Ю.Л. Войтеховский, П. Итконен, П. Йоханссон. Рабочее совещание по программе Коларктик.....	68
Yu.L. Voytekhovsky, P. Itkonen, P. Johansson. Workshop on the Kolarctic program.....	70
<b>День геолога 4 апреля 2010.....</b>	<b>72</b>
<b>Geologist's Day on April 4, 2010</b>	
<b>Научная сессия 5 апреля 2010.....</b>	<b>77</b>
<b>Scientific Session on April 5, 2010</b>	
<b>Пресса.....</b>	<b>81</b>
<b>Press</b>	

**Устойчивое развитие и международное сотрудничество.  
Материалы научной сессии, посвящённой Дню геолога.  
Апатиты, 5 апреля 2010 г.**

Рекомендовано к печати Учёным советом Геологического института КНЦ РАН

Научное некоммерческое издание

Учреждение Российской академии наук  
Геологический институт КНЦ РАН

Российское минералогическое общество  
Кольское отделение

Отпечатано в типографии «К & М»  
184209 г. Апатиты, ул. Ферсмана, 17а  
тел./ факс: (81555) 77329