

*VII Всероссийская Ферсмановская научная сессия,  
посвящённая 80-летию Кольского НЦ РАН  
Апатиты, 2-5 мая 2010 г.*

*Областная конференция,  
посвящённая 75-летию историко-  
краеведческого музея г. Кировска, 22-23 апреля 2010 г.*

*Учреждение Российской академии наук  
Геологический институт КНЦ РАН  
Российский фонд фундаментальных исследований  
Российское минералогическое общество  
Кольское отделение*

## *ГЕОЛОГИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА*



*Прруды VII Всероссийской Ферсмановской научной сессии,  
посвящённой 80-летию Кольского научного центра РАН (2-5 мая 2010 г.)  
и Областной конференции, посвящённой 75-летию историко-краеведческого  
музея г. Кировска (22-23 апреля 2010 г.)*

*Апатиты-Кировск, 2010*

УДК 55 + 553 (470.21)

ISSN 2074-2479

**Геология и полезные ископаемые Кольского полуострова. Труды VII Всероссийской Ферсмановской научной сессии, посвящённой 80-летию Кольского НЦ РАН (Апатиты, 2-5 мая 2010 г.) и Областной конференции, посвящённой 75-летию историко-краеведческого музея г. Кировска (22-23 апреля 2010 г.) / Ред. Ю.Л. Войтеховский. Апатиты: изд-во К & М, 2010. 267 с.**

В сборнике представлены Труды VII Всероссийской Ферсмановской научной сессии, ежегодно проводимой Геологическим институтом КНЦ РАН и Кольским отделением РМО. В соответствии с программой конференции, статьи объединены в разделы: доклады лауреатов премии им. акад. А.Е. Ферсмана; минералогия месторождений Карело-Кольского региона; технологическая, техническая и экспериментальная минералогия; история освоения Карело-Кольского региона. В Труды включены доклады Областной конференции, посвящённой 75-летию Кировского историко-краеведческого музея, тематически близкие исторической секции Ферсмановской научной сессии. Издание представляет интерес для геологов широкого профиля и историков науки, а также студентов соответствующих специальностей.

Электронная версия: <http://geoksc.apatity.ru/print/files/f10.pdf>

Научный редактор: проф., д.г.-м.н. Ю.Л. Войтеховский

Литературный редактор: Т.А. Багринцева

Компьютерный дизайн: Л.Д. Чистякова, А.А. Тележкин, Н.А. Мансурова

© Коллектив авторов, 2010

© Российское минералогическое общество, Кольское отделение, 2010

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

© Российский фонд фундаментальных исследований, 2010

**Geology and minerals of the Kola Peninsula. Proceedings of VII All-Russian Fersman Scientific Session dedicated to the 80<sup>th</sup> anniversary of the Kola SC RAS (Apatity, 2-5 May 2010) and Regional Conference dedicated to the 75<sup>th</sup> anniversary of the Kirovsk Museum of the Local History (22-23 April, 2010) / Edit. Yu.L. Voytekhovskiy. Apatity: K & M, 2010. 267 p.**

The Volume presents Proceedings of the VII All-Russian Fersman Scientific Session annually carried out by the Geological Institute KSC RAS and Kola Branch of the Russian Mineralogical Society. According to the conference program, the articles are compiled into the sections to follow: reports of laureates of Acad. A.E. Fersman's Prize; mineralogy of the Karelia-Kola region deposits; technological, technical and experimental mineralogy, history of the Karelia-Kola region development. The Proceedings contain reports presented on the Regional Conference dedicated to the 75<sup>th</sup> anniversary of the Kirovsk Museum of the Local History, their topics corresponding with of these the historical section of the Fersman Scientific Session. The publication is intended for broad sections of geologists, science historians and students of respective qualifications.

See on-line: <http://geoksc.apatity.ru/print/files/f10.pdf>

Scientific Editor: Prof., Dr. Yury L. Voytekhovskiy

Literary Editor: T.A. Bagrintseva

Computer Design: L.D. Chistyakova, A.A. Telezhkin, N.A. Mansurova

© Authors, 2010

© Kola Branch of Russian Mineralogical Society, 2010

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

© Russian Fund of Basic Research, 2010

## Открытие VII Всероссийской Ферсмановской научной сессии, посвящённой 80-летию Кольского НЦ РАН

Глубокоуважаемые коллеги! Приветствую вас и объявляю VII Всероссийскую Ферсмановскую научную сессию, посвящённую 80-летию Кольского НЦ РАН, открытой! Научная сессия проводится Геологическим институтом КНЦ РАН и Кольским отделением РМО при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант 10-05-06021-г.

Ферсмановская научная сессия стала частью истории Геологического института КНЦ РАН. Она была задумана в память о I Полярной конференции, проходившей в Хибиногорске, Нива-строе и Кандалакше 9-12 апреля 1932 г. и определившей основные направления научного изучения и хозяйственного освоения Кольского п-ова. Открывая конференцию, акад. А.Е. Ферсман сказал: «Разрешите открыть занятия 1-й Полярной конференции научно-исследовательских ин-



ститутутов, входящих в состав и работающих под эгидой НИСа Наркомтяжа. Мы собрались здесь для того, чтобы в деловой обстановке вместе с работниками мест общими силами проработать те большие проблемы, которые стоят на очереди в развитии как Хибинской проблемы, так и связанных с ней округов Кольского п-ва и северной Карелии. Такая конференция, которую мы открываем сегодня здесь, собирается, наверное, впервые во всём мире. Это первая Полярная конференция, где собираются работники научно-исследовательских институтов вместе с учреждениями и практическими работниками с мест. Наша Полярная конференция собирается на том месте, где два года тому назад стоял сплошной лес. Это первая конференция, которая

намечает в плановом порядке новые овладения полярным севером, и мы надеемся, что наша конференция проработает и установит ту связь работников мест с работниками центральных учреждений, которая так необходима, и создаст новые стимулы для углубления нашей общей работы, чем мы ещё больше укрепим и усилим энтузиазм строителей, работающих над созданием новыхстроек в условиях полярной тундры». Объединение академических, отраслевых институтов и производственных организаций в освещении результатов геологического изучения региона стало принципом Ферсмановских научных сессий.

ФНС I состоялась 22-23 апреля 2004 г. в честь 120-летия со дня рождения акад. А.Е. Ферсмана и А.Н. Лабунцова. ФНС II прошла 18-19 апреля 2005 г. в честь 140-летия со дня рождения иностранного чл.-корр. РАН В. Рамзая. ФНС III состоялась 27-28 апреля 2006 г. в честь 50-летия Кольского отделения РМО. ФНС IV прошла 4-6 июня 2007 г. в честь 90-летия со дня рождения акад. АН СССР А.В. Сидоренко и д.г.-м.н. И.В. Белькова. ФНС V состоялась 14-15 апреля 2008 г. в честь д.г.-м.н. Е.К. Козлова. ФНС VI прошла 18-19 мая 2009 г. в честь 80-летия ОАО «Апатит». Структура ФНС менялась, что подчёркивает её живой характер. С ФНС II возникла и набрала силу секция по истории геологического изучения региона. Сегодня в рамках этой секции нас ожидает истинный подарок. Постоянная участница наших сессий к.г.-м.н. Е.Б. Халезова, которая провела детство на исследовательской станции «Тиетта», не только поделится воспоминаниями об акад. А.Е. Ферсмани, но и подарит Геологическому институту КНЦ РАН его печатную машинку «Continental». Отныне этот экспонат будет связывать нас с «Тиеттой», не сохранившейся в годы войны. На днях исполнилось 75 лет Кировскому историко-краеведческому музею, чему была посвящена конференция, созвучная исторической секции ФНС. Её материалы будут включены в Труды нашей научной сессии. С ФНС V стала постоянной секция лауреатов премии им. акад. А.Е. Ферсмана. В этом году в ней выступят д.г.-м.н. О.Б. Дудкин и д.г.-м.н. А.П. Хомяков. География российских участников постоянно ширилась и перевалила за Урал. В разные годы в ФНС принимали участие наши коллеги из Англии, Германии, Дании, Индии, Канады и Финляндии.

Почётный президент VII Ферсмановской научной сессии: акад. РАН В.Т. Калинин – председатель КНЦ РАН, акад. РАН Ф.П. Митрофанов – советник РАН, акад. РАН Д.В. Рундквист – президент РМО. В наш адрес поступило приветствие от вице-президента РМО акад. РАН Н.П. Юшкина, связанного с Хибинами «онтогенетически». Все они желают нам успешной работы.

Председатель оргкомитета ФНС VII  
директор Геологического института КНЦ РАН  
председатель Кольского отделения РМО, проф., д.г.-м.н.

Ю.Л. Войтеховский

**Доклады лауреатов премии  
им. акад. А.Е. Ферсмана**



**Reports of Acad. A.E. Fersman's  
Prize laureates**



## Об уникальности минерального мира Хибин

Дудкин О.Б.

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

## On the unique nature of the Khibiny mineral world

Dudkin O.B.

Обсуждается вопрос об уникальности многих минералов Хибинского щелочного массива, в котором открыто более 80 новых минеральных видов, и открытие их продолжается. В качестве определяющих природных факторов признаётся геолого-структурная позиция массива и проявление в его формировании трёх типов щелочного магматизма: щелочно-ультраосновного с карбонатитами, калиевого щелочного и ультращелочного (агпаитового). Ключевая роль в открытиях новых минералов принадлежит развитию методов исследования. Переход от макро- и микроскопических исследований к изучению наноразмерных природных частиц позволяет надеяться на расшифровку в пределах Хибин ранее не известных уникальных природных процессов.

*Discussed is the unique nature of most minerals of the Khibiny alkaline massif, where more than 80 new mineral species have been discovered and finding these is going on. The geological-structural position of the massif with three types of the alkaline magmatism affecting its formation are considered as governing natural factors. The three types are the alkaline-ultrabasic with carbonatites, K-alkaline and ultra-alkaline (agpaitic) ones. Developing new methods of investigation plays the key role in discovering new minerals. Proceeding from macro- and microscopic investigations to the study of nano-size particles gives hope on earlier unknown natural processes being decoded within the Khibiny boundaries.*

Хибинский массив с первых лет его систематического изучения привлекает внимание разнообразием и уникальностью минеральных ассоциаций. С начала 1930-х гг. число открытий новых минералов здесь постоянно увеличивалось. Сегодня по числу открытых минеральных видов Хибинский массив уже нельзя считать абсолютно уникальным объектом: установлено большое разнообразие минералов в месторождениях платиноидов, золота, серебра, редких и рассеянных

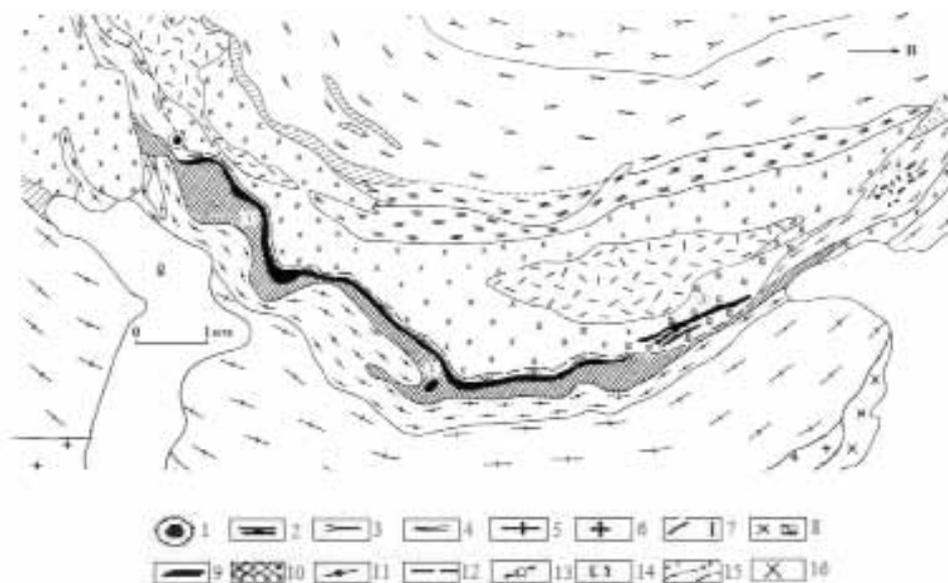


Рис. 1. Схема Хибинского массива в центральной и восточной частях ийолит-уртитовой дуги, по [10] с добавлениями автора. 1 – планировавшееся место заложения сверхглубокой скважины; 2 – метаморфизованные нефелиновые сиениты; 3 – трахитоидные арфедсонит-эгириновые фойяиты; 4 – трахитоидные арфедсонитовые фойяиты; 5 – трахитоидные хибиниты (фойяиты внешней дуги); 6 – массивные хибиниты; 7 – лавчорриты – среднезернистые эгириновые сиениты; 8 – трахитоидные ийолиты; 9 – рисчорриты и ювиты; 10 – массивные полевошпатовые уртиты и ийолиты; 11 – апатит-нефелиновые тела; 12 – предполагаемый разлом по ийолит-уртитовой дуге; 13 – среднезернистые трахитоидные полевошпатовые малиниты и ийолиты; 14 – область интенсивного развития дуэвритовых жил и агпаитовой минерализации; 15 – ксенолиты вмещающих пород (PZ?); 16 – гнейсы (AR). Месторождения: 1 – Кукисвумчорр-Юкспор; 2 – Расвумчорр; 3 – Коашва; 4 – Ньорпахк; 5 – Олений ручей.

металлов, открываются группы минералов с ранее неизвестными кристаллохимическими особенностями [12]. Но по химическому составу и кристаллическим структурам открываемых минералов Хибинскому массиву близок только Ловозёрский массив.

Уникальность минерального мира Хибин обусловлена, прежде всего, его геологоструктурной позицией и сочетанием в нём пород, возникших в результате внедрения щелочных магм разного состава. Массив расположен на пересечении региональных разломов в СВ части Балтийского щита и до настоящего времени является крупнейшим среди щелочных интрузивов мира. Но он приурочен и к региональной структуре, близкой линейной, в которой оказывается в одном ряду с ультраосновными щелочными массивами, включающими карбонатиты. Основной объём Хибинского массива слагают нефелиновые сиениты, но он несёт в себе и крупнейшее в мире тело ийолитов и уртитов. Присутствуют в нём и карбонатиты. Как и многие ультраосновные щелочные массивы [4, 16], Хибинский массив обнаруживает влияние калиевого щелочного магматизма [3, 13], результатом чего стало присутствие пойкилитовых нефелиновых сиенитов с кальсилитом (рисчорритов, ювитов), пуласкитов (лейкократовых щелочных сиенитов), тингуаитов и калиевых пикритов [1, 6, 9]. Максимальная сложность минерального состава пород массива определяется присутствием щелочных редкометалльных силикатов – так называемой аптаитовой минерализации, которая присутствует почти во всех слагающих его породах: фойяитах, фойдолитах и кальсилит-нефелиновых пойкилитовых сиенитах.

Наиболее интенсивно аптаитовая минерализация проявлена в области разлома вдоль висячего бока рудных тел Кукисвумчорр-Юкспора и Расвумчорра, а затем в пределах Ньорпахк-Суолауйвского месторождения и наиболее ярко в рудной зоне Оленьего ручья (рис. 1). В 1960-1970 гг. ему уделялось много внимания в связи с его более крутым падением по отношению к залеганию апатит-нефелиновых тел [2]. В 1987 г. готовилось предложение о бурении глубокой (до 5 км) скважины (рис. 1), в задачи которой включался и анализ присутствия на глубине сброшенных блоков апатит-нефелиновых тел. Разлом трассируется среднезернистыми трахитоидными полевошпатовыми ийолитами и малиньитами (рис. 2), которые в висячем боку апатитовых тел сопровождаются дайками луявритов. Они насыщены редкометалльными силикатами – эвдиалитовые и астрофиллитовые луявриты содержат мурманит, лампрофиллит, энigmatит и другие минералы, типичные для луявритов Ловозера. В зоне апатитовых месторождений строение массива наиболее сложно (рис. 1). Здесь имеет место тесное взаимодействие фойдолитов, калиевых нефелиновых сиенитов и луявритов жильной серии. Именно эта зона наиболее богата щелочными пегматитами и поздними жильными образованиями с большим разнообразием минеральных видов.

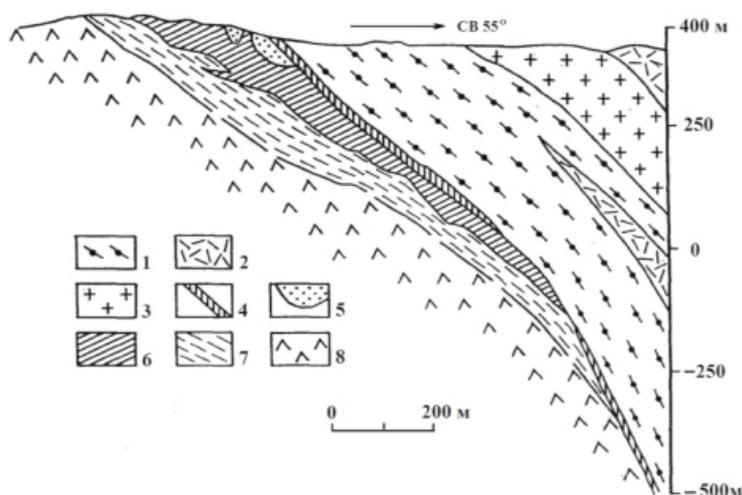


Рис. 2. Схематический разрез апатито-нефелинового тела Хибин. 1 – трахитоидный полевошпатовый ийолит, 2 – пойкилитовый грубозернистый нефелиновый сиенит (рисчоррит), 3 – полевошпатовый нефелиновый сиенит, обогащенный нефелином (ювит), 4 – апатит-титанитовые породы, 5 – пятнистые апатит-нефелиновые породы, 6 – линзовидно-полосчатые и полосчатые апатит-нефелиновые породы, 7 – апатитовый ийолит – цемент внутрирудной брекчии; 8 – массивный уртит.

Трудно представить, что А.Е. Ферсман, А.Н. Лабунцов, Е.Е. Костылёва, Э.М. Бонштедт и Н.Н. Гуткова, изучавшие Хибин в 1930-40 гг., были менее наблюдательны, чем последующие поколения минералогов. Но они не могли представить, что можно доказать новизну минерала, зёрна которого различимы только под микроскопом. Даже в 1950-е гг. доказательство новизны

видимых глазом канасита и фенаксита стоило М.Д. Дорфману [5] большого труда и времени. Прорывом в диагностике минералов Хибин и Ловозера стало создание Ю.П. Меньшиковым банка их дебаграмм [8, 15]. В 1973-1984 гг. им открыты 16 новых минералов. А.П. Хомяков [16] расширил применение аппаратных методов и использовал в полевых условиях бинокулярный микроскоп. Это позволяло за полевой сезон исследовать сотни метров свежего керна с глубин до 2 км. К 1990 г. А.П. Хомяковым [16] в список минералов Хибинского и Ловозёрского массивов добавлено 50 минеральных видов.

Таблица 1. Изотопный состав природных карбонатов [14].

Тип геологического образования	$\delta C^{13} \%$
Свежие морские карбонаты Осадочные карбонаты разного возраста	Среднее 0.0
<b>Хибины</b>	+0.4 – -0.5
Хуанхит	-0.653
Стонцианит	-0.700
Кальцит	-0.804
Термонарит	-0.945
Кальцитовые карбонатиты мира	-0.3 – -0.8
Глубинный углерод	0.7 – 0.8

Принципиальное значение имело открытие [16] большого числа водорастворимых минералов. Их присутствие в пегматитах и «гидротермальных» жилах говорит о том, что локализация флюидно-магматических дифференциатов на заключительных стадиях кристаллизации расплавов сопровождалась концентрацией  $CO_2$ ,  $F_2$ ,  $Cl_2PO_4$ ,  $H_2O$ . Изотопный анализ углерода натрита  $Na_2CO_3$  из крупного мономинерального выделения (10×24 см) в ядре астрофиллит-эгириновой линзы показал (табл. 1), что он имеет мантийное происхождение [7]. Существующая поверхность Хибинского массива по ряду признаков [3, 13, 1, 6, 9, 11] могла находиться на глубинах 2-2.5 км несколько миллионов лет. Перекристаллизация ранее возникших минералов и кристаллизация низкотемпературных фаз могли продолжаться на локальных участках длительное время. Кроме сложного состава и сложной кристаллизации магм Хибинского массива немалое значение могло иметь и их взаимодействие с ксенолитами вмещающих пород. К таковым многие геологи относили содержащие молибденит жилы г. Тахтарвумчорр и концентрации ловчоррита г. Юкспор.

В истории изучения минерального мира Хибин немалую роль играли факторы производства. В начальный период изучения минералогии хибинских пород сказалась популярность массива в связи с открытием огромных эндогенных месторождений фосфора. В дальнейшем положительное значение имел широкий фронт горных и разведочных работ. Ключевую роль сыграло развитие аппаратных исследований на микроскопическом уровне. Но определяющим фактором уникальности химического состава и кристаллических структур большого числа минералов Хибин остаются геологические условия его формирования. Открытия новых минералов продолжались в Хибинах и Ловозере в 1990-е гг. [17, 18] и совершаются в настоящее время.

Как и всё естествознание, геология, пройдя периоды исследования макро- и микромира, вошла в период изучения наномира. Интервенцию физиков в наномир, новые возможности получения фактических данных используют не только минералоги, но и петрологи, литологи, палеонтологи. Задачи минералогии в этом направлении сформулированы ещё в 1970-х гг. [14] Это образование зародышей кристаллов, причины торможения и искажения роста кристаллов, выявление примесей в минералообразующей среде. К этому можно добавить определение характера наночастиц природных коллоидов, рентгеноаморфных минералов и скрытокристаллических фаз. Кадастр минералов как кристаллических природных химических соединений будет расширяться. Будет ли создан кадастр природных наночастиц без кристаллической структуры? Их число может быть огромным, а значение будет зависеть от целей исследования.

Уникальность минерального мира Хибин даёт основание ожидать интересных открытий в результате минералогических исследований в области наноразмерных частиц. На примере формирования коры выветривания по коренным породам известно, что в атмосферной среде медленные процессы на нано- и элементарном уровнях могут приводить в течение сотен тысяч и миллионов лет к образованию мощных тел нового минерального состава. Исследование границ кристаллов и наноразмерных включений в пегматитах и поздних эндогенных жилах Хибин могут раскрыть медленные процессы минералообразования, протекавшие в условиях катазоны на протяжении сотен и тысяч лет. Возможно, уникальный мир хибинских минералов позволит раскрыть новые природные процессы в недрах Земли.

#### Список литературы

1. Арзамасцев А.А., Федотов Ж.А., Арзамасцева Л.В. Дайковый магматизм северо-восточной части Балтийского щита. СПб.: Наука, 2000. 383 с.
2. Вировлянский Г.М., Благодетелева Ю.М., Онохин Ф.М. и др. Главнейшие черты структуры Хибинских апатитовых месторождений и их поисковое значение // Хибинские апатитовые месторождения. М.: Наука, 1965. С. 127-145.
3. Галахов А.В. Петрология Хибинского щелочного массива. Л.: Наука, 1975. 256 с.
4. Гергелчев В.Н., Пятков И.Н., Панов Т.С. и др. Общая геолого-геофизическая и металлогеническая характеристика рифтовых зон Балканского п-ова // Роль рифтогенеза в геологической истории Земли. М.: Наука, 1977. С. 148-170.
5. Дорфман М.Д. Минералогия пегматитов и зон выветривания в ийолит-уртитах горы Юкспор Хибинского массива. М.-Л.: изд-во АН СССР, 1962. 157 с.
6. Дудкин О.Б., Савицкий А.В. Поздние ортоклазиты Ловозёрского массива и его обрамления // Докл. АН СССР. 1979. Т. 247. № 6. С. 1441-1444.
7. Дудкин О.Б., Кулаков А.Н., Поляков К.И. Типоморфизм минералов щелочных пород в связи с их апатитоносностью. Матер. XI съезда ММА. Научные основы и практическое значение типоморфизма минералов. М.: Наука, 1980. С. 117-124.
8. Дудкин О.Б., Меньшиков Ю.П. Минералогическое изучение Кольских щелочных массивов и его практическое значение // Зап. ВМО. 1983. № 5. С. 513-519.
9. Дудкин О.Б., Минаков Ф.В., Полежаева Л.И. и др. Карбонатиты Хибин. Апатиты: изд-во КФ АН СССР, 1984. 98 с.
10. Зак С.И., Каменев Е.А., Минаков Ф.В. и др. Хибинский щелочной массив. Л.: Недра, 1972. 176 с.
11. Когарко Л.Н. Проблемы генезиса агпайтовых магм. М.: Наука, 1977. 294 с.
12. Кривовичев С.В., Филатов С.К. Кристаллография минералов и неорганических соединений с комплексами анионоцентрированных тетраэдров. СПб.: изд-во СПб гос. ун-та, 2001. 200 с.
13. Куплетский Б.М. Петрографический очерк Хибинских тундр. Минералы Хибинских и Ловозерских тундр. М.-Л.: изд-во АН СССР, 1937. С. 13-48.
14. Лодиз Р., Паркер Р. Рост кристаллов. М.: Мир, 1974. 540 с.
15. Федотова М.Г. Кадастр минералов Кольского полуострова. Апатиты: изд-во КФ АН СССР, 1984. 115 с.
16. Свешникова Е.В. Калиевые щелочные магматические серии // Магматические горные породы. М.: Наука, 1984. С. 185-213.
17. Хомяков А.П. Минералогия агпайтовых щелочных пород. М.: Наука, 1990. 195 с.
18. Яковенчук В.Н., Иванюк Г.Ю., Пахомовский Я.А. и др. Минералы Хибинского массива. М.: Оушен-Пресс, 1999. 328 с.
19. Pekov I.V. Minerals first discovered on the territory of the former Soviet Union. Moscow: Ocean pictures Ltd, 1998. 369 p.

**Кубо-триклинная инверсия общей системы минеральных видов и её связь со структурно-симметричными особенностями минералов щелочных пород**

Хомяков А.П.

Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, Москва, imgre@imgre.ru

**Cubic-triclinic inversion of the overall mineral system and its relation to structural and symmetry features of minerals of alkaline rocks**

Khomyakov A.P.

*Обобщение новейших данных по симметричной статистике минералов показало, что период 1995-2008 гг. ознаменовался переходом общей системы минеральных видов от эры доминирования в ней кубических минералов над триклинными к эре доминирования триклинных минералов над кубическими, чему в значительной мере способствовали недавние открытия рекордного числа новых низкосимметричных минералов в щелочных массивах агпаитовой формации. В результате произошло перестроение последовательности сингоний в ряду снижения их статистической процентной доли в общем минеральном фонде от зафиксированной ранее к современной, в которой порядок смены сингоний гораздо ближе соответствует общепринятой «классической» последовательности.*

*Synthesis of recent data on symmetry statistics of minerals showed that the period between 1995 and 2008 was marked with a transition of the overall mineral system from cubic minerals dominating over triclinic ones to vice versa, with a significant contributing factor being the recent discovery of a record number of new low-symmetry minerals in agpaite alkaline massifs. This resulted in rearrangement of the series of crystal systems ranked in order of their decreasing statistical percentage in the overall mineral kingdom from the past to the present, in which the order of the change in crystal systems is much closer in line with the generally accepted «classical» series.*

Вторая половина XX в. ознаменована существенным ускорением темпов открытий новых минералов. Наиболее продуктивным стал период 1970-2010 гг., за который общий фонд известных науке минералов расширился с ~2000 до ~4300 минеральных видов (МВ), что соответствует ежегодному увеличению в среднем на 50-60 видов. В XVIII в. среднегодовой прирост составлял около 0.5 минерала, в XIX в. – 3-4 минерала и в первой половине XX в. 10-20 минералов [21]. Но сопровождался ли рост минерального фонда его качественным изменением, менялись ли с ростом числа МВ представления о структуре минерального мира? Н.П. Юшкин пришёл к заключению, что на рубеже XVIII-XIX вв. имевшийся фонд около 100 МВ уже обеспечивал достоверное знание о кристаллосимметричной структуре минерального мира на уровне сингоний.

Подобные представления о структуре минерального мира развивал И.И. Шафрановский [19], показавший, что статистическое распределение МВ по сингониям, классам симметрии и другим рангам симметричной систематики подчиняется устойчивым закономерностям, которые сохраняются почти неизменными на протяжении десятилетий, несмотря на интенсивный прирост числа минералов. Выявленные закономерности обобщены им в «законе сохранения количественных отношений минералов по их симметрии». Он же предложил рассматривать статистические симметричные характеристики минерального мира как минералого-кристаллографические кларки и использовать их как источник генетической информации при анализе минеральных сообществ различных провинций и типов месторождений. Плодотворность такого анализа нашла отражение в работах Н.П. Юшкина [20, 21] и В.В. Доливо-Добровольского [1], обосновавших представления об эволюции «кубического» или «кубо-ромбического» минерального мира в «моноклинный» от ранних этапов развития Земли к современному и о последовательном снижении симметрии вещества земных оболочек по мере продвижения из глубины к поверхности планеты. На сходной основе Ю.Б. Мариным [4] показана отчётливая тенденция снижения симметрии акцессорных минералов в гранитоидах на уровне формаций, серий и отдельных массивов от ранних стадий эволюции к поздним.

Утверждению представлений о сравнительном постоянстве кристаллосимметричной структуры минерального мира способствовала концепция ограниченности числа МВ в природе, господствовавшая на протяжении почти всего XX в. [6, 7]. Автору удалось показать, что она спра-

ведлива лишь применительно к наиболее стабильной части минерального мира, охватывающей породы и руды с минералами относительно простого состава и структуры, образующими кристаллы и зёрна сравнительно крупных размеров. В качестве альтернативы нами обоснована концепция неограниченности числа минеральных видов [8-11, 16-18, 26-28, 30], охватывающая также уникальные типы пород и руд с минералами сложного состава и структуры, размером до нанометров. В соответствии с ней, на современном этапе развития науки и техники основным источником открытий новых МВ являются уникальные месторождения, условия образования которых в планетарном масштабе охватывают почти весь доступный эксперименту диапазон температур, давлений, концентраций различных компонентов, а также кислотно-щелочного и окислительно-восстановительного потенциалов. Это снимает многие барьеры, ограничивающие разнообразие природных минералов и, как показано ниже на примере симметричных особенностей минералов высокощелочных комплексов, удовлетворительно объясняет ярко проявленную тенденцию к снижению средней симметрии общей системы МВ по мере её пополнения новыми видами.

Среди дериватов щелочных массивов апаитовой формации<sup>1</sup> особый научный и практический интерес в последние десятилетия приобрели пересыщенные щелочными, летучими и редкими элементами пегматоидные породы (уссингитовые, содалитовые и др.), выделяемые как ультраапаитовые [8, 27, 30]. Содержащие их глубоко дифференцированные массивы нефелиновых сиенитов представляют собой минералогические уникалы, превосходящие по разнообразию МВ любые другие месторождения мира. Наиболее известные представители – Хибинский и Ловозёрский на Кольском п-ове, Илимаусак в Гренландии и Монт Сент-Илер в Канаде. Только за 1970-2000 гг. в них установлено и утверждено в ММА около 150 новых минералов. Всего в них описано около 300 таких минералов [3, 5, 8, 15, 25, 30, 31]. В основном это сложные по составу гипернатриевые соединения, разнообразие которых определяется способностью атомов Na распределяться по многим позициям кристаллической структуры и формировать различные по форме и размеру полиэдры с уникальным набором координационных чисел от 4 до 12. Другая их особенность – доминирование низкосимметричных структур и значительное преобладание триклинных видов над кубическими.

Кратко остановимся на анализе симметричных особенностей минералов названных массивов, опираясь на опубликованные результаты по симметрии 173 новых минералов, описанных на их территории, и 250 минералов, отнесённых нами к характерным для них [30]. Вторая выборка, наряду с первой, включает главные породо- и рудообразующие минералы, все водорастворимые минералы, характерные для ультраапаитовых пород, залегающих ниже зоны выветривания, и другие высокощелочные минералы, встречающиеся более чем в одном из четырёх массивов. Все прочие минералы, встречающиеся в них, но более характерные для образований других генетических типов, а также «сквозные» для многих типов природных объектов, не учитывались, чтобы ярче оттенить симметричные особенности минералов, специфичных для данных массивов.

Из табл. 1 следует, что минералы, типоморфные для ультраапаитовых пород, резко выделяются на фоне общей системы МВ относительным дефицитом кубических представителей и избытком ромбических, моноклинных и особенно триклинных. Если минеральный мир в целом на современном этапе изученности характеризуется равным соотношением видов кубической и триклинной сингоний, то для ультраапаитовых пород устанавливается трёхкратное преобладание триклинных над кубическими. Столь разительное смещение доли минералов в направлении высокоупорядоченных низкосимметричных структур можно объяснить спецификой пересыщенных щелочными и летучими компонентами низковязких расплавов-растворов, которые стимулируют формирование дальнего порядка атомов в «кристаллизационном дворике» растущих кристаллов, а также обеспечивают снижение температуры и резкое расширение температурно-временного интервала кристаллизации апаитовых магм и их конечных дифференциатов.

Другая причина столь значительного сдвига в сторону понижения симметрии – резкое преобладание в исследованных выборках силикатов: 170 из 250 в большой выборке и 122 из 173 в

---

<sup>1</sup> К «апаитовым» относятся очень редкие высокощелочные магматические породы, которые противопоставляются менее щелочным «миаскитовым», относительно широко распространённым в земной коре. В мире выявлено 10-15 крупных массивов 1-го типа, но именно с ними, а не с сотнями мелких интрузий миаскитовых нефелиновых сиенитов связаны месторождения почти половины элементов таблицы Менделеева: P, Al, Nb, Ta, Zr, Ce и Y редких земель, Sr, Ga и др.

малой [29]. Они существенно отличаются от минералов прочих классов усложнённым составом и пониженной симметрией в соответствии с законом Фёдорова-Грота. Чтобы оценить роль этого фактора, в табл. 2 сопоставлены данные, аналогичные табл. 1, но относящиеся к силикатам. Обращает внимание почти двадцатикратное преобладание триклинных минералов над кубическими в выборке из 122 новых силикатов, открытых на территории рассматриваемых массивов. Но, как следует из табл. 1 и 2, для силикатов ультраапатитовых пород характерны те же симметричные отличия от силикатов в целом (относительный дефицит кубических представителей при избытке представителей низших сингоний), что и для совокупностей минералов всех химических классов.

Как уже подчёркивалось [8-11, 14-18, 26-28, 30 и др.], дифференцированные нефелин-сиенитовые комплексы с ультраапатитовыми породами занимают особое место среди минералогически уникальных объектов и представляют собой практически неисчерпаемый источник новых минералов. В будущем их вклад в расширение общей системы МВ будет увеличиваться, способствуя снижению симметрии минерального мира в целом. Этому же в соответствии с законом Фёдорова-Грота будет способствовать и постепенное увеличение в расширяющемся минеральном фонде относительной доли минералов более сложного состава и структуры. На важную роль этого фактора в эволюции средней симметрии минералов одним из первых указал В.В. Доливо-Добровольский [2], по подсчётам которого в выборке из 395 новых минералов, описанных с 1980 по 1984 гг., соотношение процентных долей МВ триклинной (11.6) и кубической (9.4) сингоний оказалось обратным по отношению к долям МВ тех же сингоний в общем фонде минеральных видов.

Таблица 1. Распределение минералов ультраапатитовых пород по категориям и сингониям.

Категория	Сингония	Минералы в целом*		Минералы ультраапатитовых пород**	
		Число видов	%	Число видов	%
Высшая	Кубическая	377	9.0	13 (9)	5.2 (5.2)
Средняя	Гексагональная	324	7.8	22 (14)	8.8 (8.1)
	Тетрагональная	306	7.3	16 (10)	6.4 (5.8)
	Тригональная	448	10.7	21 (19)	8.4 (11.0)
Низшая	Ромбическая	866	20.8	60 (42)	24.0 (24.3)
	Моноклинная	1450	34.8	79 (55)	31.6 (31.8)
	Триклинная	399	9.6	39 (24)	15.6 (13.9)
Σ		4170	100.0	250 (173)	100.0 (100.1)

\* Рассчитано по [22]. \*\* Заимствовано из [30]. Здесь и в табл. 2 первая цифра относится к 250 характерным минералам Хибин, Ловозера, Илимаусака и Сент-Илера; вторая (в скобках) – к 173 минералам, описанным в них в качестве новых минеральных видов.

Таблица 2. Распределение силикатов ультраапатитовых пород по категориям и сингониям.

Категория	Сингония	Силикаты в целом *		Силикаты ультраапатитовых пород **	
		Число видов	%	Число видов	%
Высшая	Кубическая	36	3.9	2 (1)	1.2 (0.8)
Средняя	Гексагональная	87	9.5	11 (6)	6.5 (4.9)
	Тетрагональная	48	5.3	10 (8)	5.9 (6.6)
	Тригональная	60	6.6	14 (13)	8.2 (10.7)
Низшая	Ромбическая	190	20.9	43 (33)	25.3 (27.0)
	Моноклинная	379	41.6	59 (42)	34.7 (34.4)
	Триклинная	111	12.2	31 (19)	18.2 (15.6)
Σ		911	100.0	170 (122)	100.0 (100.0)

\* Рассчитано по [24]. \*\* Заимствовано из [29, 30].

Таблица 3. Относительные количества минералов триклинной и кубической сингоний к разным годам. \*

Сингония	1860 (546)	1891 (644)	1966 (1308)	1980 (2537)	1995 (3442)	2008 (4170)
Триклинная	27-5.0	32-5.0	88-6.7	220-8.67	326-9.47	399-9.57
Кубическая	94-17.2	98-15.2	171-13.1	264-10.41	335-9.73	377-9.04
Отн. трик/куб	0.29	0.33	0.51	0.83	0.97	1.06

\* На первом месте – числа минералов, на втором – проценты; в скобках – общее число учтённых минералов.

Очевидно, в дальнейшем независимо от генетических типов изучаемых объектов среди новооткрываемых представителей минерального мира будет непрерывно увеличиваться доля микро- и наноминералов, которые в основной своей массе кристаллизуются после макроминералов и как более низкотемпературные, являются в среднем более низкосимметричными. В этом плане показательны данные о характере эволюции отношения триклинных минералов к кубическим для всей совокупности изученных минералов за минувшие полтора столетия, обобщённые в табл. 3, в которой цифры за период 1860-1966 гг. заимствованы из [2, 19], а за период 1980-2008 гг. подсчитаны нами на основе информации о сингониях минералов из третьего, седьмого и десятого изданий авторитетного в мировом сообществе минералогов справочника «Glossary of Mineral Species» [22-24].

Анализ данных показывает, что если во второй половине XIX в. (в «эпоху крупных кристаллов») отношение числа триклинных минералов к кубическим равнялось 0.3, то в следующем столетии, по мере включения в сферу детальных исследований всё более мелких минеральных объектов, оно неуклонно возрастало, достигнув 0.5 к 1966 г. и увеличившись от 0.97 до 1.06 между 1995 и 2008 гг. Хотя этот рост за последний период оказался не слишком значительным, сам факт перехода этого отношения через значение 1.0 многозначителен, поскольку символизирует переход общей системы МВ от эры доминирования в ней кубических минералов над триклинными к эре доминирования триклинных минералов над кубическими. Как результат мы наблюдаем перестроение последовательности сингоний в ряду снижения их статистической процентной доли от зафиксированной в 1983 г. [19] (моноклинная – ромбическая – кубическая – тригональная – тетрагональная – гексагональная – триклинная) к современной, в которой (табл. 1) триклинная сингония располагается левее кубической, а порядок сингоний (моноклинная – ромбическая – тригональная – триклинная – кубическая – гексагональная – тетрагональная) гораздо ближе к порядку сингоний в их «классической» последовательности: триклинная – моноклинная – ромбическая – тригональная – тетрагональная – гексагональная – кубическая.

Таким образом, речь идёт если не о симметричной революции в минеральном мире, то по крайней мере о его качественном изменении, обозначенном ранее [12, 13, 27] как «кубо-триклинная инверсия общей системы минеральных видов», которое с полным основанием можно квалифицировать как одно из важнейших событий в истории познания законов эволюционной диссимметризации минерального мира. Его приуроченность к середине первой декады нового столетия довольно точно спрогнозирована нами в указанных работах. Там же сделан прогноз, согласно которому число выявленных на Земле минералов к середине XXI в. достигнет ~10000, относительная доля триклинных представителей повысится от современных 10 до ~14.5 %, а кубических понизится от 9 до ~5 %. Общая система МВ, существенно расширившаяся за счёт микроминералов, по симметричной структуре ещё больше приблизится к «классической» последовательности сингоний и, в соответствии со статистическим законом Фёдорова-Грота, будет характеризоваться значительно более резким, чем современная система, преобладанием сложных по составу и структуре минералов над минералами с простой конституцией.

#### Список литературы

1. Доливо-Добровольский В.В. К кристаллографии земных оболочек // Зап. ВМО. 1984. № 5. С. 586-590.
2. Доливо-Добровольский В.В. О так называемых «законах статистической минералогии» // Зап. ВМО. 1988. № 3. С. 387-393.

3. Костылёва-Лабунцова Е.Е., Боруцкий Б.Е., Соколова М.Н. и др. Минералогия Хибинского массива. Т. 1. М.: Наука, 1978. 228 с.
4. Марин Ю.Б. Ассоциации акцессорных минералов и особенности их эволюции на разных уровнях образования гранитоидных серий // Зап. ВМО. 1973. № 5. С. 572-590.
5. Пеков И.В. Ловозёрский массив: история исследования, пегматиты, минералы. М.: Земля, 2001. 432 с.
6. Урусов В.С. Почему их только две тысячи? // Природа. 1983. № 10. С. 82-88.
7. Ферсман А.Е. О числе минеральных видов // Докл. АН СССР. 1938. Т. 19. № 4. С. 271-274.
8. Хомяков А.П. Минералогия ультраапатитовых щелочных пород. М.: Наука, 1990. 196 с.
9. Хомяков А.П. Ультращелочное состояние природного вещества: минералогические критерии и роль в формировании уникальных месторождений // 1-й Межд. симп. «Крупные и уникальные месторождения редких и благородных металлов в литосфере: проблемы генезиса и освоения». СПб. 1996. С. 234-235.
10. Хомяков А.П. Почему их больше чем две тысячи? // Природа. 1996. № 5. С. 62-74.
11. Хомяков А.П. Новейшие минералогические открытия и пересмотр концепции ограниченности числа минеральных видов // Структура и эволюция минерального мира. Межд. минерал. семинар. Сыктывкар: Геопринт, 1997. С. 98-99.
12. Хомяков А.П. Новые минералы и симметрия минерального мира // Минералогические музеи. Матер. межд. симп. по истории минералогии и минералогических музеев, геммологии, кристаллохимии и классификации минералов. СПб.: изд-во СПбГУ, 1998. С. 136.
13. Хомяков А.П. Размер индивидов и эволюция представлений об общей системе минеральных видов // Минерал. об-во и минерал. наука на пороге XXI в. Тез. докл. к IX съезду Минерал. об-ва при РАН. СПб. 1999. С. 29-30.
14. Хомяков А.П. Структурно-симметричный типоморфизм минералов уникальных месторождений щелочного ряда // XIX семинар «Геохимия магматических пород». М.: ГЕОХИ, 2000. С. 154-155.
15. Хомяков А.П. Рекордный вклад Кольского региона в общую систему минеральных видов // Тр. III Ферсмановской науч. сессии. Апатиты: изд-во К & М, 2006. С. 96-98.
16. Хомяков А.П. Принцип неограниченности числа минеральных видов в структурном и культурологическом аспектах // III Межд. симп. «Минеральное разнообразие. Исследование и сохранение». София: Земля и хората, 2007. С. 265-271.
17. Хомяков А.П. Ограничено ли число минеральных видов в природе? // Тр. V Всерос. Ферсмановской научн. сессии. Апатиты: изд-во К & М, 2008. С. 98-101.
18. Хомяков А.П. Современная система природных минералов и перспективы её расширения // Рос. хим. журн. 2010. Т. 54. № 2 (в печати).
19. Шафрановский И.И. Статистические закономерности и обобщающий закон в распределении минералов по их симметрии // Зап. ВМО. 1983. № 2. С. 177-184.
20. Юшкин Н.П. Эволюционные представления в современной минералогии // Зап. ВМО. 1982. № 4. С. 432-442.
21. Юшкин Н.П. История минералогии и эволюция фундаментальных минералогических идей. Сыктывкар. 1984. 52 с.
22. Back M.E., Mandarino J.A. Fleischer's Glossary of mineral species. Tucson: The Mineral. Record Inc., 2008. 344 p.
23. Fleischer M. Glossary of mineral species. Tucson: Mineral. Record, 1980. 192 p.
24. Fleischer M., Mandarino J.A. Glossary of mineral species. Tucson: The Mineral. Record Inc., 1995. 280 p.
25. Horváth L., Gault, R.A. The mineralogy of Mont Saint-Hilaire, Québec // Mineral. Rec. 1990. V 21. P 284-359.
26. Khomyakov A.P. Diversity of alkaline rock minerals and the problem of quantity of mineral species // 14<sup>th</sup> IMA Gen. Meet. Stanford, California, 1986. P 140.
27. Khomyakov A.P. Mineralogy of hyperalkaline rocks: advances and prospects // 17<sup>th</sup> IMA Gen. Meet. Toronto, 1998. P A108.
28. Khomyakov A.P. Recent mineral discoveries and the number of mineral species: a reconsideration // 17<sup>th</sup> IMA Gen. Meet. Toronto, 1998. P A156.
29. Khomyakov A.P. Symmetry anomaly of new minerals from four unique localities: Khibina, Lovozero, Ilmaussaq and Mont St.-Hilaire // 31<sup>th</sup> Int. Geol. Congr. Rio de Janeiro, 2000. CD.
30. Khomyakov A.P. The distribution of minerals in hyper-apatitic rocks in terms of symmetry: evolution of views on the number and symmetry of minerals // Geol. Greenland Surv. Bull. 2001. V 190. P 73-82.
31. Petersen O.V., Secher K. The minerals of Greenland // Mineral. Rec. 1993. V 24. P 1-65.

# Минералогия месторождений Карело-Кольского региона



## Mineralogy of the Karelia-Kola region deposits



## Редкие земли в цирконах Ковдорского массива

Балашов Ю.А., Мартынов Е.В., Балашова Л.Г.  
Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, balashov@geoksc.apatity.ru

## Rare Earths in the zircons from the Kovdor massif

Balashov Yu.A., Martynov E.V., Balashova L.G.

Представлены данные по РЗЭ в цирконах из карбонатитов Ковдорского массива, Кольский п-ов, отражающие особенности его генезиса. По высоким значениям  $Eu/Eu^* = 0.91-1.10$  фиксируется мантийное происхождение исходного расплава. По низким величинам циркониевого буфера  $Ce^{+4}/Ce^{+3} = 1.51-0.14$  определяется резко восстановительный характер флюида, что тождественно петрологическому буферу FMQ от -1.48 до -1.63. Оба кислородных буфера свидетельствуют о глубинных источниках, аналогичных кимберлитовым трубкам, по режиму летучих. Близкие генетические параметры получены для карбонатитов Mud Tank, Австралия:  $Ce^{+4}/Ce^{+3} = 9.13-0.002$ , MFQ от -0.63 до -1.65. Главное различие между обоими типами карбонатитов состоит в большем диапазоне вариаций фугитивности кислорода для австралийских разновидностей.

Presented are data on REE in zircons from carbonatites of the Kovdor massif, Kola Peninsula. The data reflect the genesis peculiarities of the massif. High values of  $Eu/Eu^* = 0.91-1.10$  testify to the mantle origin of the primary substance. Low values of the zircon buffer  $Ce^{+4}/Ce^{+3} = 1.51-0.14$  indicate the fluid reducing dramatically, which is similar to the petrological buffer FMQ from -1.48 up to -1.63. Both oxygen buffers testify to the deep-located sources being analogous to kimberlitic pipes. Genetically relative parameters are obtained for carbonatites of the Mud Tank, Australia:  $Ce^{+4}/Ce^{+3} = 9.13-0.002$ , MFQ from -0.63 up to -1.65. The major difference between the two types of carbonatites is a greater number of variations of the oxygen fugacity for the Australian varieties.

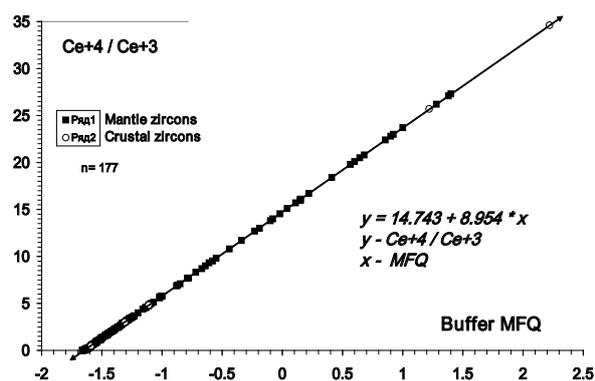


Рис. 1. Корреляция вариаций фугитивности кислорода  $FMQ = \Delta \log fO_2$  мантийных и коровых пород и изменений  $Ce^{+4}/Ce^{+3}$  в цирконах этих пород.

шпинелевый и ильменитовый MFQ [2-6]. Мы сопоставили с ними вариации  $Ce^{+4}/Ce^{+3}$  цирконов перидотитовых ксенолитов и мантийных магм разного состава (рис. 1).

Использование регрессионного анализа дало следующее. Зависимость описывается моделью  $y = 14.742 + 8.954x$  ( $y - Ce^{+4}/Ce^{+3}$ ,  $x -$  значение для буфера FMQ) и значима на уровне 0.01. Для верхней мантии данные по  $Ce^{+4}/Ce^{+3}$  охватывают диапазон от 27 до 0.002 в цирконах, от +1.7 до -2 в ильменитах [2, 3]. Этому диапазону соответствуют и данные по цирконам из гранитоидов разных возрастов, в т.ч. для детритовых цирконов хадея.

Ниже дано приложение буферов для анализа карбонатитов Ковдорского щелочно-шток и массива Муд Танк, Австралия [7] (рис. 2, 3). Общее для всех типов цирконов – преобладание тяжёлых РЗЭ из-за уменьшения ионных радиусов от La к Lu, хотя для ковдорских разновидностей отмечается большее сходство анализов, чем для австралийских. Это касается и вариаций  $Eu^{+3}/Eu^{+2}$  – ковдорские цир-

В работах по цирконам указывается, что редкие элементы (РЗЭ, Th, U, Nb, Hf и др.) являются геохимическими индикаторами при расшифровке генезиса мантийных и коровых пород. В работе рассмотрены распределения РЗЭ, которые включают Eu и Ce, контрастные по вариациям в цирконах. Они отличаются от остальных РЗЭ присутствием в природных расплавах и растворах в двух валентных состояниях –  $Eu^{+2}$  и  $Eu^{+3}$ ,  $Ce^{+3}$  и  $Ce^{+4}$ . Но  $Ce^{+4}$  ближе по размеру ( $0.97 \text{ \AA}$ ) к  $Zr^{+4}$  ( $0.84 \text{ \AA}$ ), чем ионы других РЗЭ ( $Ce^{+3} = 1.143 \text{ \AA}$ ;  $Eu^{+3} = 1.004 \text{ \AA}$ ;  $Eu^{+2} = 1.25 \text{ \AA}$ ) [1]. Так как  $Ce^{+4}/Ce^{+3}$  и  $Eu^{+3}/Eu^{+2}$  регулируются содержанием кислорода, то их соотношения должны соответствовать петрологическим буферам кислорода, среди которых при оценке фугитивности кислорода в мантийных системах обычно используются

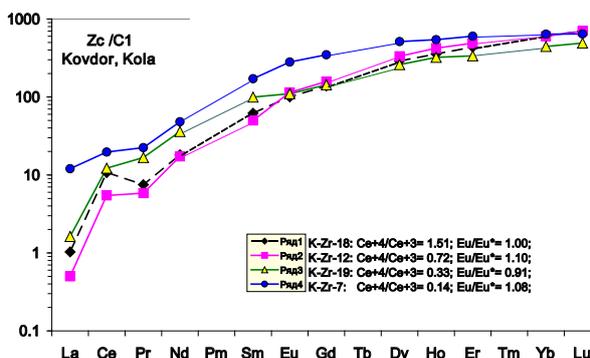


Рис. 2. Вариации РЗЭ в цирконах Ковдора.

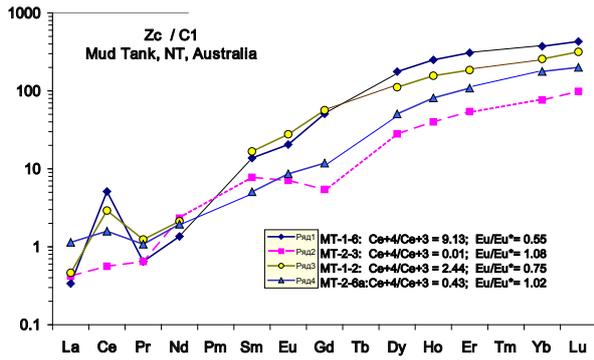


Рис. 3. Вариации РЗЭ в цирконах массива Муд Танк.

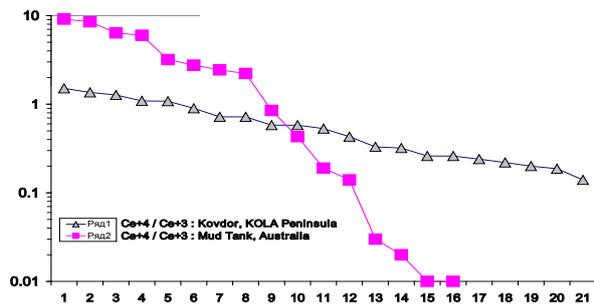


Рис. 4. Вариации  $Ce^{+4}/Ce^{+3}$  в цирконах из карбонатов Ковдора и Муд Танка.

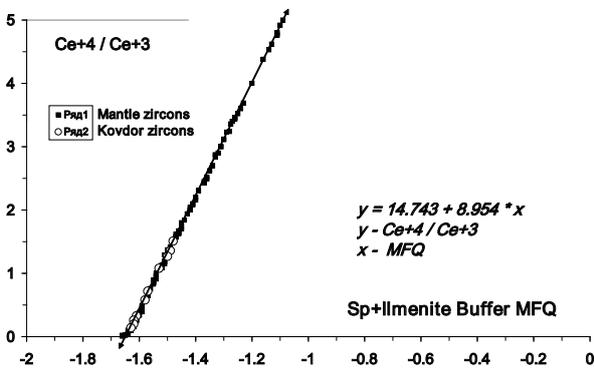


Рис. 5. Приуроченность ковдорских карбонатов к наиболее восстановительной зоне мантийной фугитивности кислорода.

коны имеют более стабильное отношение (1.10-0.91), чем цирконы Муд Танка (1.08-0.55). Максимумы одинаковы и соответствуют мантийным литосферным значениям ( $\approx 1$ ). Резкое снижение для некоторых австралийских цирконов указывает на более длительные изменения в ходе формирования больших (до 3 см) кристаллов циркона [7]. Часть цирконов с пониженными отношениями  $Eu^{+3}/Eu^{+2}$  относится, вероятно, к перекристаллизованым каймам.

Вариации  $Ce^{+4}/Ce^{+3}$  в цирконах (рис. 4) указывают на различие объектов. Ковдорская группа характеризуется слабым падением  $Ce^{+4}/Ce^{+3}$  от 1.51 до 0.14, для австралийских отмечается изменение более чем на три порядка (от 9.13 до 0.002). Данные по Се и  $Eu^{+3}/Eu^{+2}$  согласуются, подчёркивая более интенсивное изменение австралийских цирконов.

Ковдорские цирконы характеризуются более стабильной фугитивностью кислорода, чем австралийские. В терминах FMQ это отвечает изменениям от -1.48 до -1.63 и от -0.63 до -1.65 и означает резко восстановительные условия генерации цирконов (рис. 1, 5).

**Выводы.** Предложен геохимический буфер для оценки фугитивности кислорода в мантийных и коровых природных системах, представлены доказательства резко восстановительных условий генерации карбонатов, что соответствует наиболее глубинным зонам основания мантийной литосферы. Буфер согласуется с петрологическим MFQ.

Авторы благодарят Е.А. Белоусову, Австралия, за данные по геохимии цирконов.

#### Список литературы

1. Shannon R D. Revised effective ionic radii and systematic studies of interatomic distances in halides and chalcogenides // *Acta Cryst.* 1976. A 32. P 751-767.
2. Ashchepkov I.V., Pokhilenko N.P., Vladykin N.V. *et al.* Plum integration and evolution of continental mantle lithosphere // *Deep-seated magmatism, its sources and plumes. Proc. Int. Workshop. Vladivostok.* 2008. P 104-121.
3. Ashchepkov I.V., Vladykin N.V., Rotman A.Y. *et al.* *Mir and International'naya kim-*

berlite pipes – trace element geochemistry and thermobarometry of mantle minerals // *Deep-seated magmatism, its sources and plumes.* Ulan-Ude. 2004. P 194-208.

4. Ballhaus C. Redox states of lithospheric and asthenospheric upper mantle // *Contrib. Mineral. Petrol.* 1993. V 114. P 331-348.

5. Глебовицкий В.А., Никитина Л.П., Вревский А.Б. и др. Природа химической неоднородности континентальной литосферной мантии // *Геохимия.* 2009. № 9. С. 910-936.

6. Рябчиков И.Д., Когарко Л.Н. Окислительно-восстановительный потенциал Хибинской магматической системы и генезис abiогенных углеводородов в щелочных плутонах // *Геология рудных месторождений.* 2009. Т. 51. № 6. С. 475-491.

7. Belousova E.A., Griffin W.L., O'Reilly S. Y. *et al.* Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type // *Contrib. Mineral. Petrol.* 2002. V 143. P 602-622.

### Новые поступления в музей Геологического института КНЦ РАН

Борисова В.В., Волошин А.В.

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, borisova@geoksc.apatity.ru, vol@geoksc.apatity.ru

### New acquisitions to the museum of the Geological Institute KSC RAS

Borisova V.V., Voloshin A.V.

В 2009 г. коллекция Музея геологии и минералогии им. И.В. Белькова Геологического института КНЦ РАН пополнилась рекордным количеством образцов – 975, которые зарегистрированы в основном и научно-вспомогательном фондах. В пополнении коллекции участвовали сотрудники Института и других организаций. Поступления основного фонда представлены новыми минеральными видами Кольского п-ова, редкими минералами, коллекцией минералов Хибино-Ловозёрского щелочного комплекса, Кейв и других массивов.

In 2009 the collection of I.V. Bel'kov's Museum of Geology and Mineralogy of the Geological Institute KSC RAS saw the bumper inflow of samples, 975 in number. These were registered in the major and scientific-supplementary funds. The samples were granted by employees of the Institute and other organizations. The major fund was expanded with new mineral species of the Kola Peninsula, rare minerals, collection of minerals of the Khibiny-Lovozero alkaline massif, Keivy and other massifs.

Для Музея геологии и минералогии им. И.В. Белькова Геологического института КНЦ РАН 2009 г. был рекордным – коллекция пополнилась на 975 образцов минералов и руд Кольского п-ова. В развитие музея внесли вклад сотрудники Института (Ю.Л. Войтеховский, В.Н. Яковенчук, Ю.П. Меньшиков, А.В. Мокрушин, С.М. Карпов, А.К. Шпаченко, С.В. Мудрук, В.В. Котляров), других организаций (И.В. Пеков, МГУ), С.Н. Бритвин (СПбГУ), И.С. Красоткин (АФ ПетрГУ) и коллекционер-любитель А.С. Подлесный (г. Апатиты). Образцы зарегистрированы в основном и научно-вспомогательном фондах. В основном фонде зарегистрировано 59 образцов минералов, из которых 46 наиболее редких и красочных образцов выставлены в экспозиции музея. Их можно разбить на группы: 1) новые минералы Кольского п-ова; 2) редкие минералы Кольского п-ова; 3) минералы Хибин и Ловозера; 4) минералы Кейв; 5) минералы других районов Кольского п-ова.

**Новые минералы Кольского п-ова.** Пополнение коллекции новых минералов – одна из важнейших задач музея. В 2009 г. в коллекцию поступило 15 новых минералов Кольского п-ова. Некоторые открыты совсем недавно, другие – намного раньше, но отсутствовали в фондах музея или были в единичных образцах. По данным на 1 января 2010 г. число впервые открытых на Кольском п-ове минералов составляет 256. В музейной коллекции их 188.

Стронциофлюорит и полежаеваит, переданные В.Н. Яковенчуком, утверждены КНМНК ММА 31 мая 2009 г. Оба относятся к классу галогенидов (фторидов), находятся совместно и обнаружены в ортоклазсодержащих ургитах г. Коашва. В открытии минералов участвовал коллектив учёных Геологического института: В.Н. Яковенчук, Е.А. Селиванова, Г.Ю. Иванюк, Я.А. Пахомовский, Ю.А. Корчак, а также главный геолог Восточного рудника ОАО «Апатит» А.П. Николаев. Стронциофлюорит получил название по составу (Sr аналог флюорита), полежаеваит – в честь Л.И. Полежаевой, специали-

ста в области рентгеноспектрального, в т. ч. электронно-зондового анализа, много лет проработавшей в Геологическом институте КНЦ РАН, исследователя новых минералов. Им же переданы образцы с оранжево-красными радиально-лучистыми агрегатами леммлейнита-К с г. Ньоркпахк и образец полихромного ковдорскита, Ковдорский массив.

От проф. И.В. Пекова (МГУ), первооткрывателя минералов, музей получил в дар коллекцию из девяти образцов с новыми минералами Кольского п-ова. В открытии волошинита, егоровита, кианоксалита, сферобертрандита и капу-



Рис. 1. Баритокальцит с ильменитом.

стинита он принимал непосредственное участие. Мегациклит, клинофосинаит, бериллит – из его личной коллекции. Красновит из рудника «Железный» Ковдорского массива передан через него первооткрывателем минерала С.Н. Бритвиным (СПбГУ). Волошинит [2] получил название в честь д.г.-м.н. А.В. Волошина, заведующего лабораторией минералогии Геологического института КНЦ РАН. Минерал представляет собой Rb аналог лепидолита и обнаружен в редкометальных пегматитах Вороньих тундр, изучению которых А.В. Волошин посвятил много лет. Щелочной силикат егоровит [1] обнаружен в ультращелочном пегматите «Палитра» г. Кедыкверпахк. Название минерал получил в память о Ю.К. Егорове-Тисменко, выдающемся специалисте в области кристаллографии и кристаллохимии, в течение многих лет преподававшим эти дисциплины в МГУ. Кианоксалит [3] – минерал из группы канкринита с оксалатным дополнительным анионом, обнаружен в ультраапатитовых пегматитах г. Аллуайв и уртитоподобной породе г. Карнасурт. Название получил по голубоватому цвету. От А.С. Подлесного поступили образцы с цепинитом-К и комаровитом из Хибинского массива.

**Редкие минералы Кольского п-ова.** Впервые в коллекции музея появились образцы с фрейденбергитом из г. Каскасньоначорр (обр. Ю.П. Меньшикова), таканелитом г. Эвслогчорр, рансеитом г. Лепхе-Нельм и эйриkitом г. Аллуайв (обр. И.В. Пекова). Все они экспонируются в музее.

**Минералы Хибин и Ловозера.** Экспозицию обогатили 28 образцов. Среди них баритокальцит с ильменитом (рис. 1), мелкоигльчатый астрофиллит, кристаллы апатита, катаплеит, псевдоморфоза микроклина по натролиту (Хибинь, обр. А.С. Подлесного), голубой дельхайелит (рис. 2), шабазит на почках карбонат-фтороapatита, эвдиалит в оторочке умбита, филлипсит (Хибинь, обр. Ю.П. Меньшикова); борнеманит (Ловозеро, обр. И.В. Буссен), неполная псевдоморфоза уссингита по крупному кристаллу анальцима, лоренценит, стенструпин-(Се), псевдоморфозы альбита по кристаллам уссингита (Ловозеро, обр. И.В. Пекова). Витрину с апатитовыми рудами Хибин украсил оригинальный образец линзовидно-полосчатой руды с чёрным апатитом (А.С. Подлесный). Им же переданы образцы с кристаллами фтороapatита, шабазит-Са, натролит с амичитом и кристаллы циркона (Хибинь), а также белянкинит с г. Кедыкверпахк (Ловозеро).

**Минералы Кейв.** Продолжающиеся работы Института в Кейвах позволяют обновлять музейную экспозицию по минералогии высокоглинозёмистых сланцев. Дополнением стала коллекция из 8 образцов, переданных Ю.Л. Войтеховским: 1 – кристалл альмандина 27×26×20 см; 2 – красочные образцы гранат-слюдяных сланцев 31×20×10 см (2 обр.); 3 – серебристо-белый волокнистый силлиманит (4 обр.); 4 – пластинчатый ильменит в серовато-зелёном хлоритоиде (20×15×11 см). А.В. Мокрушиным, С.М. Карповым, А.К. Шпаченко, И.С. Красоткиным и В.В. Котляровым переданы красочные образцы ставролит-слюдяных сланцев с крестообразными двойниками ставролита.

**Минералы других районов Кольского п-ова.** Образец 10×10×5 см с оранжево-коричневым клиногумитом из Флогопитового рудника, Ковдорский массив, подарен А.С. Подлесным. Он украсил экспозицию силикатов в систематической коллекции.

Научно-вспомогательный фонд пополнился 916 образцами. Он используется в научных целях и для составления коллекций минералов Кольского



Рис. 2. Голубой дельхайелит.

п-ова по заявкам из различных уголков страны. Основной вклад в этот фонд сделал А.С. Подлесный, подаривший музею 806 образцов. Он уже более 25 лет сотрудничает с музеем. Здесь демонстрируются более 60 его образцов с редкими и красивыми минералами региона. На этот раз А.С. Подлесным переданы образцы из Хибинского, Ловозёрского и Ковдорского массивов. Шесть образцов с перовскитом из Африкандского месторождения поступили от Ю.Л. Войтеховского. По результатам работ в Кейвах фонд пополнился образцами с высокоглинозёмистых минералов: параморфозами кианита по андалузиту (хиастолиту), кристаллами кианита и став-

ролита (84 обр., А.К. Шпаченко, И.С. Красоткин, В.В. Котляров); кианитом и ставролитом (2 обр., С.В. Мудрук, С.М. Карпов); крупными кристаллами ставролита из Семиостровья (5 обр.) и параморфическими кианитовыми сланцами г. Манюк (13 обр., А.В. Мокрушин).

Благодаря пополнению научно-вспомогательного фонда в 2009 г. музеем отправлена коллекция из 50 образцов минералов (в том числе новых) и руд Кольского п-ова геологическому факультету Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского.

#### Список литературы

1. Пеков И.В., Зубкова Н.В., Чуканов Н.В. и др. Егоровит  $\text{Na}_4[\text{Si}_4\text{O}_8(\text{OH})_4] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – новый минерал из Ловозёрского щелочного массива, Кольский п-ов // Зап. РМО. 2009. № 3. С. 82-89.
2. Пеков И.В., Кононкова Н.Н., Агаханов А.А. и др. Волошинит – новая рубидиевая слюда из гранитных пегматитов Вороньих тундр, Кольский п-ов // Зап. РМО. 2009. № 3. С. 90-100.
3. Чуканов Н.В., Пеков И.В., Олысыч Л.В. и др. Кианоксалит – новый минерал группы канкринита с оксалатным внекаркасным анионом из Ловозёрского щелочного массива, Кольский п-ов // Зап. РМО. 2009. № 6. С. 18-35.

### **Типоморфные особенности ставролитов пялкъярвинской свиты и Хизоваарской структуры**

Бубнова Т.П., Гаранжа А.В., Скамницкая Л.С.  
Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, bubnova@krc.karelia.ru

### **Typomorphic peculiarities of staurolites from the Pyalkjarvy series and Khizovaara structure**

Bubnova T.P., Garanzha A.V., Skamnitskaya L.S.

*Приведены данные по минеральному составу ставролитсодержащих пород Карелии: типоморфные особенности ставролитов, их морфология и парагенетические ассоциации. Установлены различия по составу и степени метаморфизма ставролита.*

*The data on the mineral composition of staurolite-bearing rocks of Karelia are presented: typomorphic peculiarities of staurolites, their morphology and paragenetic associations. The differences in composition and metamorphism of staurolites are established.*

Ставролит обычно рассматривается как коллекционный минерал, для него характерны крестообразные двойники, реже тройники и более сложные сростания. Его образование связано со среднетемпературным метаморфизмом. Он часто ассоциирует с парагонитом, кианитом и гранатом. Ставролиты широко распространены в России на территории Кольского п-ова и Ю. Урала.

В результате технологического изучения гранатовых руд Карелии на отдельных объектах (Высота 181, Зап. Плотина, Тербеостров) отмечены значительные содержания ставролита как попутного полезного компонента руд. Более детальные исследования проведены на участках Высота-181 и Ставролитовая горка в ЮЗ и центральной частях Хизоваарской структуры. В её северной части на нескольких участках общей площадью 3.5 км<sup>2</sup> кианитовые руды образуют промышленное месторождение Хизоваара [1]. Структура представляет собой сложную складку с субширотной осевой поверхностью, погружающейся на юг, и является крайней СЗ частью Керетского зеленокаменного пояса [2].

Сложноскладчатая структура участка Высота-181 представлена вулканогенно-осадочным комплексом сильно дислоцированных пород, собранных в мелкие изоклинальные складки [3]. Ритмично-слоистая метаморфическая толща СВ простирается состоит из сланцев, рассланцованных гнейсов и амфиболитов с большим количеством высокоглинозёмистых минералов. Предположительно она была образована по алюмокремнистым осадкам, миндалина и реликты подушечной текстуры в амфиболитах свидетельствует об их вулканогенной природе.

Породы различаются по преобладанию того или иного компонента (слюдяные, двуслюдяные, роговообманковые, гранатовые и т.п.) и зачастую незаметно переходят одна в другую. В гнейсах чередуются лейкократовые и меланократовые полосы, имеющие линейное расположение, благодаря чему порода приобретает сланцеватое сложение. Сланцеватая текстура характерна и для амфиболитов. Породы ЮЗ части проявления, помимо граната, обогащены ставро-

литом и кианитом, поэтому обособляются в отдельную разновидность. Их минеральный состав приведён в табл. 1.

Таблица 1. Минеральный состав технологических типов гранатосодержащих пород проявления Высота 181.

Минерал	ставролит-кианит-гранатовые сланцы и гнейсы			кианит-гранат-сланцевые сланцы и гнейсы			гранатовый амфиболит		
	макс.	мин.	среднее	макс.	мин.	среднее	макс.	мин.	среднее
Гранат	35.50	15.60	22.27	58.53	13.20	27.44	16.00	12.00	13.8
Ставролит	13.00	0.00	4.73	5.16	0.00	1.65	0.00	0.00	0.00
Кианит	27.40	14.40	21.60	18.70	0.00	9.85	0.00	0.00	0.00
Кварц	47.50	31.70	42.00	51.09	26.67	43.36	24.00	8.10	12.2
Плагиоклаз	8.00	0.20	4.13	21.12	0.00	11.08	7.90	2.90	5.00
Мусковит	2.10	0.50	1.50	3.77	0.03	1.58	0.01	0.00	0.0005
Биотит	1.50	0.10	0.63	5.53	0.00	2.25	0.50	0.30	0.40
Рудные	4.20	1.20	2.33	2.25	0.24	1.19	0.70	0.00	0.50
Хлорит	0.40	0.10	0.27	3.86	0.00	1.01	0.50	0.10	0.30
Турмалин	0.20	0.00	0.07	0.51	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00
Рутил	0.70	0.10	0.40	0.90	0.01	0.38	0.10	0.00	0
Карбонат	0.30	0.00	0.13	0.10	0.10	0.00	0.02	0.00	0.1
Амфибол	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	69.35	58.41	67.8

Ставролит в породе распределён неравномерно. Часты переходы от бесставролитовых участков в обогащённые (до 13 %, рис. 1а). Образует изометричные зёрна часто с неясными контурами из-за большого количества кварца, зёрна дендритовидные, размер 0.5-3.5 мм. Иногда в виде растащенных оплавленных фрагментов зерна. Присутствует в виде включений в гранате (рис. 1б). Ассоциация ставролит-мусковит-биотит-кварц указывает на температуру ~600 °С.

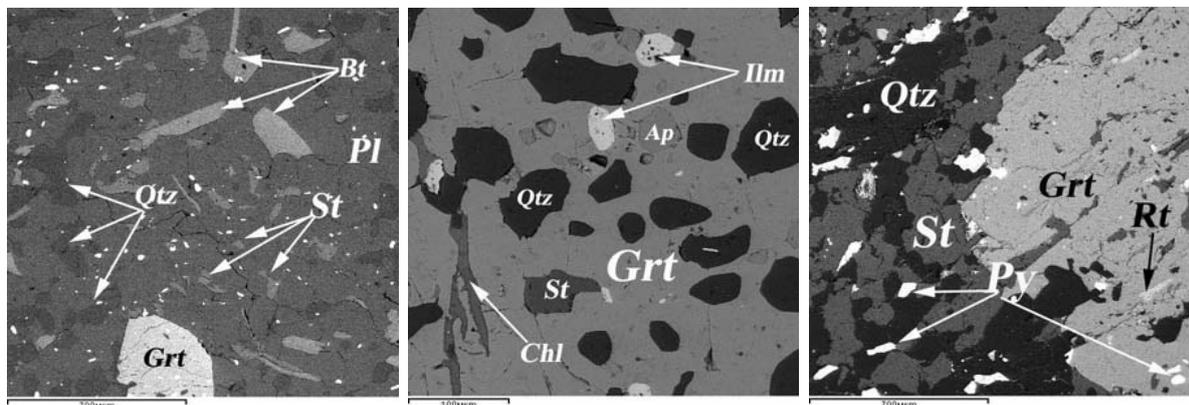


Рис. 1. Морфология ставролита в породах Хизоваарской структуры. Слева направо: а - ставролит-гранат-биотитовый гнейс проявления Высота 181, б - включения в гранате из ставролит-кианит-гранатового гнейса Высота 181, в - гранат-ставролитовый гнейс участка Ставролитовая горка. Сканирующий электронный микроскоп VEGA II LMU.

В 2008 г. на участке Ставролитовая горка (южный склон г. Хизоваара) со сложноскладчатым строением проведено детальное картирование ставролитсодержащих пород. В гранатовых метасоматитах наблюдается перемежаемость гранат-сланцевых, ставролит-гранат-сланцевых гнейсов и амфиболсодержащих гранатитов. Технологическая проба имеет следующий состав: 27 % ставролита, 15 % граната, 49 % кварца, 4 % плагиоклаза, 3 % мусковита. Ставролит мелкий, образует скелетные, неправильные формы (рис. 1в). Состав минералов определён на сканирующем электронном микроскопе VEGA II LSH с анализатором INCA Energy 350 (ускоряющее напряжение 20kV, ток зонда 350pA) (табл. 2). На обоих участках породообразующие ставролиты близки по составу.

Таблица 2. Состав ставролитов различных участков Хизоваарской структуры.

Ставролит		Содержание оксидов, %						$X_{Mg}^{St}$
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	TiO <sub>2</sub>	ZnO	
Высота 181	Ставролит-гранат-биотитовый гнейс	28.00	53.64	13.20	1.92	0.88	1.12	0.21
	Включение в гранате	27.22	54.45	14.04	1.30	0.81	0.00	0,14
Ставролитовая горка	Ставролит-гранатовый метасоматит	27.82	53.53	12.44	2.18	0.79	1.29	0.24

С целью изучения высокоглинозёмистого сырья в 2009 г. сотрудниками ИГ КарНЦ РАН проведены рекогносцировочные работы в Сев. Приладожье. Высокоглинозёмистые породы в Ладожско-Ботнической зоне представлены турбидитами ладожской серии. Калевийские комплексы ладожской серии, претерпевшие интенсивные деформации, образуют мощный осадочный покров, перекрывающий сортавальскую серию. Породы калевия метаморфизованы в фации зелёных сланцев и ставролитовой субфации амфиболитовой фации и представлены филлитами, слюдяными, гранат-слюдяными и ставролит-, андалузит-, силлиманитсодержащими сланцами и кварцитами. Высокоглинозёмистые ставролитовые и андалузитовые сланцы верхов нижней толщи калевия получили наибольшее распространение на СВ фланге зоны. Исходным материалом служили глинистые отложения [2]. В р-не оз. Вахваярви, Янисярви и Суйстамо породы ладожской серии образуют крупный сложноскладчатый синклиниорий, протягивающийся в СЗ направлении более чем на 60 км при ширине около 25 км.

В пределах распространения пякъярвинской свиты между посёлками Суйстамо и Леппяскюръя мощность ставролитсодержащих сланцев более 1000 м. Проведённые работы позволили выделить три участка с повышенным содержанием ставролита, на которых отобраны технологические пробы. Средний минеральный состав: 8 % ставролита, 28 % биотита, 15 % мусковита, 49 % кварца. Анализ ставролитов выполнен на сканирующем электронном микроскопе VEGA II LSH (рис. 2, табл. 3). Ставролитсодержащие сланцы определённо относятся к низкотемпературной части амфиболитовой фации, представленной областью устойчивости ставролитовых ассоциаций [4]. В отличие от хизоваарских, приладожские ставролиты более глинозёмистые и менее магниезиальные.

Если принять во внимание близость физико-механических свойств граната и ставролита, можно рассматривать возможность использования последнего в качестве абразивного сырья. Ставролитовые продукты подходят для удаления тяжёлых красок с плёнок и создания более глубокого профиля, чем с применением других абразивов. Это превосходный материал в производстве памятников. Положительный опыт использования ставролита демонстрирует Корпорация DuPont, разрабатывающая комплексное месторождение Старк, штат Флорида США [5].

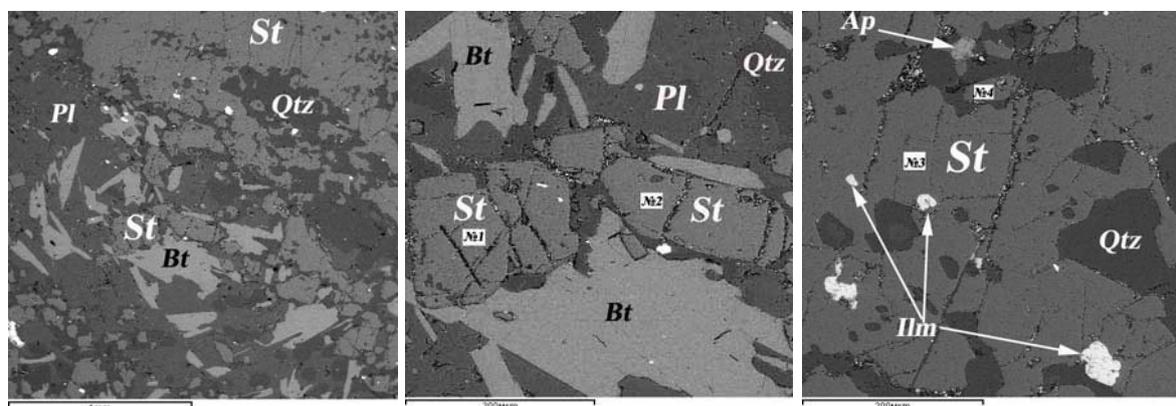


Рис. 2. Морфология ставролита в сланцах пякъярвинской свиты, где № 1-4 – точки определения состава ставролита. Изображение выполнено на сканирующем электронном микроскопе VEGA II LMU.

Таблица 3. Состав ставролитов пялъярвинской свиты.

Участок определения состава ставролита	Содержание оксидов, %					X <sub>Mg</sub>
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	TiO <sub>2</sub>	
№ 1	28.20	54.35	14.10	1.89		0.19
№ 2	27.55	54.94	13.38	1.58	0.57	0.17
№ 3	27.06	54.37	13.45	1.75	0.78	0.19
№ 4	27.28	55.80	13.14	1.76		0.19

## Список литературы

1. Хизоваарское кианитовое поле, Сев. Карелия. Петрозаводск: изд-во КарФАН СССР, 1988. С. 105.
2. Ранний докембрий Балтийского щита. СПб.: Наука, 2005. 711 с.
3. Гранатовые руды Карелии // В.В. Щипцов, Т.П. Бубнова, Л.С. Скамницкая и др. Петрозаводск: изд-во КарНЦ РАН, 2004. 208 с.
4. Бушмин С.А., Глебовицкий В.А. Схема минеральных фаций метаморфических пород // Зап. РМО. 2008. № 2. С. 1-13.
5. Режим доступа: [www2.dupont.com](http://www2.dupont.com).

**Кварц золоторудных проявлений Пана-Куоляярвинской структуры**Войтеховский Ю.А.<sup>1</sup>, Лютоев В.П.<sup>2</sup>, Чернявский А.В.<sup>1</sup><sup>1</sup> Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, [woyt@geoksc.apatity.ru](mailto:woyt@geoksc.apatity.ru)<sup>2</sup> Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, [vlutoev@geo.komisc.ru](mailto:vlutoev@geo.komisc.ru)**Quartz of the gold-bearing localities of the Pana-Kuolajarvi structure**

Voytekhovskiy Yu.L., Lutoev V.P., Chernyavskiy A.V.

*Приведены новые результаты исследований ЭПР золотоносного жильного кварца рудопроявлений Кайралы, Курсуярви и месторождения Майского, расположенных в Пана-Куоляярвинской структуре. Установлено их общее сходство и тонкие различия. Сделан вывод о том, что в Пана-Куоляярвинской структуре возможно открытие новых кварцевожильных полей с золотым оруденением.*

*New EPR data on the gold-bearing vein quartz from the Kajraly and Kursujarvi localities and Mayskoye deposit located in the Pana-Kuolajarvi structure are suggested. Their general similarity and tiny peculiarities are found. It is concluded that some new gold-bearing quartz-vein fields can be found in the structure.*

Пана-Куоляярвинская структура – едва ли не самая перспективная на обнаружение новых золоторудных объектов на Кольском п-ове. Это обосновывается её геотектонической позицией, составом слагающих пород и наличием в ней месторождения Майское. Поиски на участке Кайралы в 70 км к ССЗ, где ранее найдены кварцевые жилы, ориентировались на этот эталон. Месторождение Майское и рудопроявление Кайралы приурочены к верхней части разреза вулканогено-осадочной хосиярвинской свиты, представленной основными вулканитами и углеродсодержащими туффитами [1].

Оруденение участка Кайралы отлично от такового месторождения Майское в нескольких аспектах. Принципиальное отличие состоит в том, что на месторождении Майское золото-сульфидная минерализация явно наложена на кварц, тогда как на участке Кайралы они сингенетичны. Рудные минералы месторождения Майское представлены халькопиритом, пирротинном, Со-пентландитом, магнетитом, галенитом и сфалеритом, в сростании с которыми находятся золото и редкие алтаит, цумоит, костибит, галеноклаусталит. Пирротин замещается агрегатом марказита и пирита. На участке Кайралы главный рудный минерал – пирит – сингенетичен кварцу и ассоциации золота, калаверита, мелонита, миллерита и кобальтина (рис. 1). При этом рудные ассоциации обоих объектов специализированы на Ni, Co и Te, что, очевидно, связано с их одинаковым положением в структуре, насыщенной вулканическими и интрузивными породами основного и ультраосновного состава.

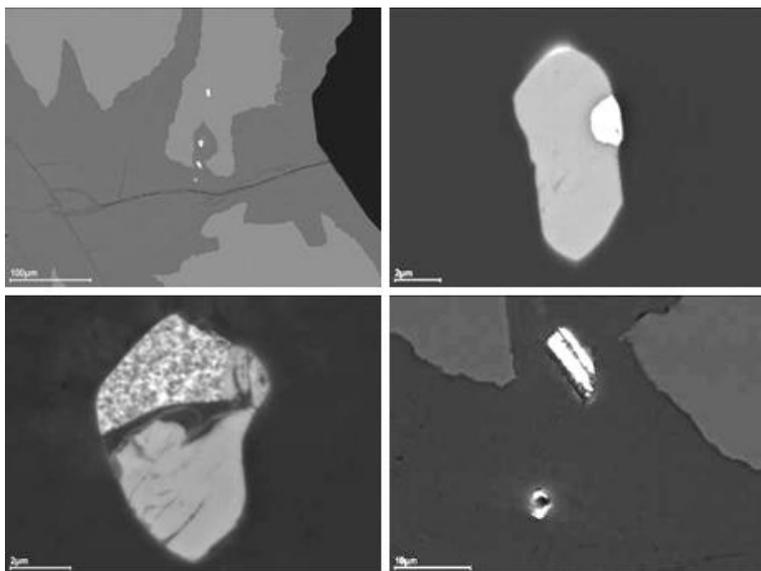


Рис. 1. Вверху слева: серое – пирит, тёмно-серое – гематит, чёрное – кварц, мелкие светлые зёрна (сверху вниз) – пояснения далее. Вверху справа: верхнее светлое зерно в пирите, серое – мелонит  $Ni_{0.96}Fe_{0.12}Co_{0.02}Te_2$ , белое (зерно справа и кайма вверху) – золото  $Au_{0.89}Ag_{0.11}$ . Внизу слева: второе светлое зерно в гематите, серое – мелонит  $Ni_{0.97}Fe_{0.21}Co_{0.02}Te_2$  и его тонкое сростание с золотом  $Au_{0.80}Te_{0.11}Fe_{0.05}Ni_{0.04}$ . Внизу справа: два нижних светлых зерна в гематите, вверху – мелонит  $Ni_{0.98}Co_{0.06}Te_2$ , внизу –  $Au_{0.94}Ag_{0.06}$ .

лонов (ВИМС) и стандартный образец ДФПГ. Погрешности оценки абсолютной и относительной концентраций центров 25-30 и 10-15 %.

Перевод Al-, Ti-, Ge-дефектов в парамагнитные состояния  $[AlO_4]^0$ ,  $[GeO_4M^+]^0$ ,  $[TiO_4R^+]^0$  ( $M = Li, Na$ ;  $R = Li, Na, H$ ) производился с помощью  $\gamma$ -излучения на установке МРХ- $\gamma$ -20 [изотоп  $^{60}Co$ , СПБГТИ(ТУ)] при комнатной температуре. Дозы облучения для обнаружения Ge- и Ti-центров – 0.5 Мрад (мощность 20 рад/с), Al-центров – 30 Мрад (мощность 70 рад/с), что приближается к условиям их насыщения. Облучались исходные и подвергнутые часовому отжигу при 520 и 1020 °С образцы. Их предварительная прокатка способствует пошаговому переходу Al-дефектов в потенциально парамагнитные комплексы – алюмощелочные дефекты  $[AlO_4M^+]^0$ , а также исключению влияния природного облучения на концентрацию парамагнитных центров после лабораторного облучения. Для определения концентрации  $E_1'$ -центров использована их термоактивация при 300°C в течение 10 мин.

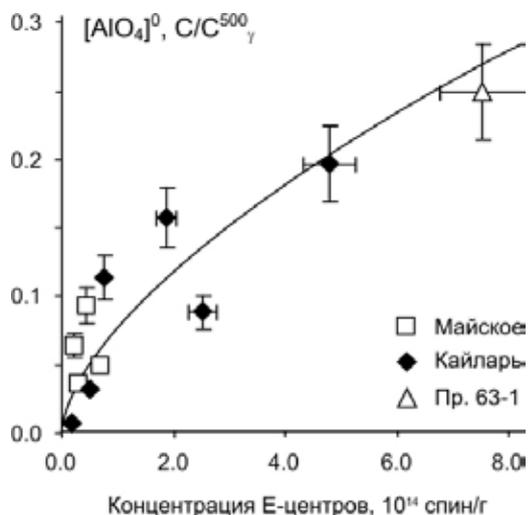


Рис. 2. Соотношение концентраций E-центров и нормированных естественных содержаний  $[AlO_4]^0$ -центров в кварце.

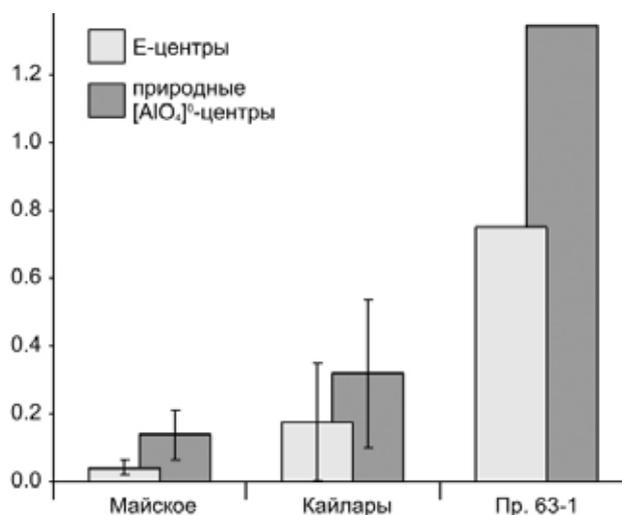


Рис. 3. Распределение радиационных парамагнитных центров в кварце золоторудных проявлений.

Для более обоснованного суждения о сходстве объектов методом ЭПР изучен жильный кварц. Пробы взяты на проявлении Кайралы (12-1, 14-2, 23-1, 24-1, 41-1, 6745), месторождении Майском (56-3, 56-4, 57-2, «Отвал») и участке Курсуярви (63-1), расположенном между ними. Спектры ЭПР регистрировались на радиоспектрометре SE/X-2547 (RadioPAN, Польша) от порошковых препаратов при температуре 290 К при определении Ge- и E-центров (мощность СВЧ 35 и 0.2 мВт,  $B_m = 0.1$  мТ, масса образца 200 мг) и температуре 77 К при определении Al- и Ti-центров (мощность СВЧ 7 мВт,  $B_m = 0.1$  мТ, масса образца 100 мг). Для нормирования интенсивности спектров использована линия ЭПР  $Mn^{2+}$  от референтного образца MgO на стенке резонатора. В качестве мер концентрации взят набор отраслевых эталонов

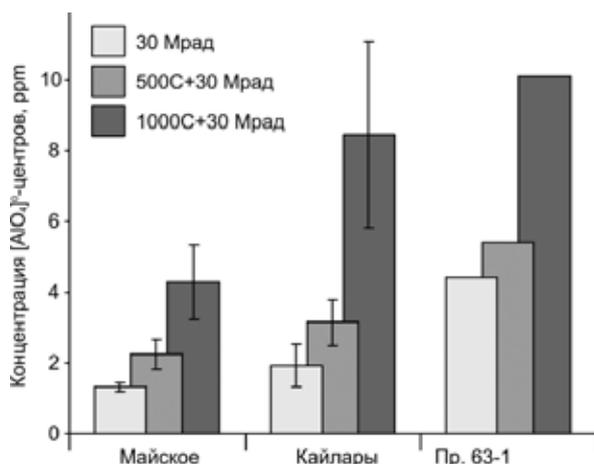


Рис. 4. Распределение Al-центров в кварце золоторудных проявлений.

хорошем соответствии с трендом (ppm):  $C_g = 1.0 + 2.5 \cdot C$ , где постоянный член в 1 ppm, видимо, соответствует радиационному федингу. Если перед облучением кварц отжечь при 520°C, то фиксируются более высокие концентрации  $[AlO_4]^0$ -центров, отражающие полное содержание их предцентров  $[AlO_4M^+]^0$ . Нормированное естественное содержание  $[AlO_4]^0$ -центров на полное содержание предцентров  $[AlO_4M^+]^0$ , определённое как  $C/C^{500g}$ , коррелирует с концентрацией радиационных E-центров (рис. 2). Из-за высокой скорости фединга  $[AlO_4]^0$ -центры отражают мощность современного радиационного потока, E-центры – суммарную палеодозу. Для кварца Кайралы значения обеих характеристик более высокие, чем для Майского (рис. 3).

Таблица 1. Концентрации парамагнитных центров.

Обр.	E1'	$[AlO_4]^0$ , ppm				$[GeO_4Li^+]^0$	$[TiO_4R^+]^0$
	300 ° C, 10 мин.	исходный, C	30 Mrad, Cγ	520 ° C +30° Mrad, C500γ	1020 ° C +30° Mrad, C1000γ	520 ° C +0.5° Mrad, ppm	520 ° C +0.5 Mrad, ppm
	1014 сп/г						
Кайралы							
12-1	1.9	0.45	2.5	2.9	6.3	н.о.	н.о.
14-2	4.8	0.56	2.0	2.9	6.2	н.о.	н.о.
23-1	0.5	0.11	1.5	3.5	10.5	н.о.	н.о.
24-1	2.5	0.30	2.0	3.4	9.0	0.02	н.о.
41-1	0.2	0.02	1.0	2.2	6.4	н.о.	н.о.
6745	0.8	0.47	2.6	4.1	12.5	0.01	н.о.
Майское							
56-3	0.3	0.08	1.2	2.2	4.1	н.о.	н.о.
56-4	0.2	0.11	1.4	1.7	3.5	н.о.	н.о.
57-2	0.7	0.12	1.4	2.5	3.6	н.о.	н.о.
Отвал	0.4	0.25	1.3	2.6	5.8	н.о.	н.о.
63-1	7.5	1.3	4.4	5.4	10.1	н.о.	н.о.

После отжига при 520 ° C и облучения проб кварца дозой 30 Mrad концентрация  $[AlO_4]^0$ -центров в среднем по выборке в 1.4 раза выше, чем в облучённых без отжига препаратах. Распределение концентраций этих центров при разных условиях радиационно-термической активации проб даны на рис. 4. Самые низкие значения зарегистрированы для кварца Майского. На диаграммах концентраций  $C_g$ ,  $C^{500g}$ ,  $C^{1000g}$  кварцы Майского и Кайралы формируют компактные поля в области низких и относительно высоких значений (рис. 5).

Приращение концентрации  $[AlO_4]^0$ -центров в результате отжига при 520 ° C, предваряющего облучение, можно связать с разрушением ассоциаций вакансий с  $[AlO_4M^+]^0$ -комплексами, сформированными в ходе длительного облучения кварца в природе. Как видно из диаграммы  $C^{500g} - C_g$ ,

Ti-центры не обнаружены, их концентрация ниже 0.2 ppm. Следы Ge-центров в виде  $[GeO_4Li^+]^0$ -центра достоверно присутствуют только в образцах 24-1 и 6745 на пределе обнаружения 0.01-0.02 ppm. В спектре образца 63-1 кроме линий ЭПР от парамагнитных центров в решётке кварца есть сигналы от  $Mn^{2+}$  в карбонате, указывающие на загрязнение кварцевой пробы этой фазой. Линии  $[AlO_4]^0$ -центров есть в спектрах ЭПР большинства образцов в исходном состоянии. Они обязаны природному радиационному потоку, приводящему к ионизации дефектов  $[AlO_4M^+]^0$ . В образцах, стимулированных при 300 ° C, в небольших концентрациях фиксируются радиационные E-центры (табл. 1).

Облучение образцов дозой 30 Mrad приводит к росту концентрации  $[AlO_4]^0$ -центров в

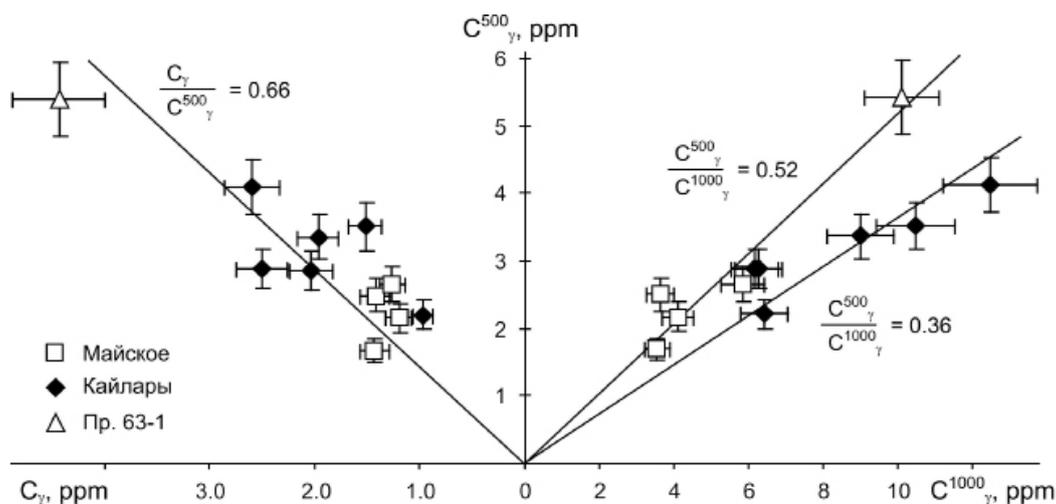


Рис. 5. Соотношение концентраций Al-центров в кварце на разных этапах радиационно-термической активации.

примерно  $1/3$   $[\text{AlO}_4\text{M}^+]^0$ -комплексов имеет нарушенную структуру и выведена из состояния предцентров  $[\text{AlO}_4]^0$ . Значительное повышение концентрации  $[\text{AlO}_4^+]^0$ -центров в предварительно отожжённом облучённом кварце – результат конверсии дефектов  $[\text{AlO}_4\text{H}^+]^0$  в предцентры  $[\text{AlO}_4\text{M}^+]^0$ . Таким образом, отношение  $C_{\gamma}^{500}/C_{\gamma}^{1000}$  соответствует доле Al-дефектов в ассоциации со щелочным компенсатором –  $[\text{AlO}_4\text{M}^+]^0/([\text{AlO}_4\text{M}^+]^0+[\text{AlO}_4\text{H}^+]^0)$ . Диаграмма  $C_{\gamma}^{500}-C_{\gamma}^{1000}$  показывает, что по этому отношению выделяются две серии: кварц Кайралы характеризуется пониженным вкладом  $[\text{AlO}_4\text{M}^+]^0$  (36 %) по сравнению с Майским (52 %).

Концентрация Al-центров в кварце после отжига служит мерой количества структурных примесей в решетке, в первую очередь – Al. Изученный кварц характеризуется их очень низким содержанием: Ge и Ti почти отсутствуют, Al не превышает 12.5 ppm. В особо чистом кварце Кузнечихинского месторождения они лежат в пределах 5-9 ppm, в концентрациях 0.1-0.3 и 0.05-0.15 ppm есть Ti и Ge. Кварц Майского может оказаться ещё более качественным, содержания Al в нём – 3.5-6 ppm. Низки содержания структурной примеси и в кварце Кайралы – 6-13 ppm.

**Выводы.** Изученные золоторудные кварцы в целом близки по составу и низким концентрациям парамагнитных центров, но отличимы по структурному состоянию Al-центров:

- концентрации Al-центров в кварце Кайралы несколько выше, чем в кварце Майского. Кварц жилы 63-1 тяготеет к первому;
- кварц Кайралы характеризуется пониженным вкладом щелочных разновидностей Al-дефектов. Этот типизирующий признак более значим, чем концентрация Al-центров. Кварц жилы 63-1 по нему ближе к Майскому;
- подтверждена «золоторудность» кварца Кайралы – обогащённость такого кварца аналогичными примесными дефектами ранее отмечалась многими авторами;
- по результатам ЭПР-спектроскопии изученный кварц, особенно Майского, относится к особо чистым. Он является ценным сырьём для производства оптического стекла и солнечного кремния.

#### Список литературы

1. Ward P., Harkonen I., Nurmi P.A., Pankka H.S. Structural studies in the Lapland greenstone belt, northern Finland and their application to gold mineralization // Current Research 1988. Geol. Surv. Finland. Espoo. 1989. P 71-77.

**Y-REE минералы и минералы группы циркона из рудных зон  
Панареченской вулкано-тектонической структуры**

Волошин А.В., Чернявский А.В., Войтеховский Ю.Л., Савченко Е.Э.  
Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, vol@geoksc.apatity.ru

**Y-REE minerals and zircon group minerals from the  
Panarechka volcanic-tectonic structure ore zones**

Voloshin A.V., Chernyavsky A.V., Voytekhovsky Yu.L., Savchenko E.E.

*В рудных зонах Панареченской вулкано-тектонической структуры (ПВТС) установлены Y-REE минералы: ксенотим-(Y), монацит-(Ce), карбонаты REE и Ca, циркон, торит и хаттонит. По отношению к рудной сульфидной, в т. ч. золоторудной, минерализации они могут быть прото- и сингенетическими.*

*In ore areas of the Panarechka volcanic-tectonic structure (PRVTS) Y-REE minerals to follow were discovered: xenotime-(Y), monacite-(Ce), carbonatites REE and Ca, zircon, torite and huttonite. Regarding the ore sulphide mineralization, gold one inclusive, these may be proto- and syngenetic.*

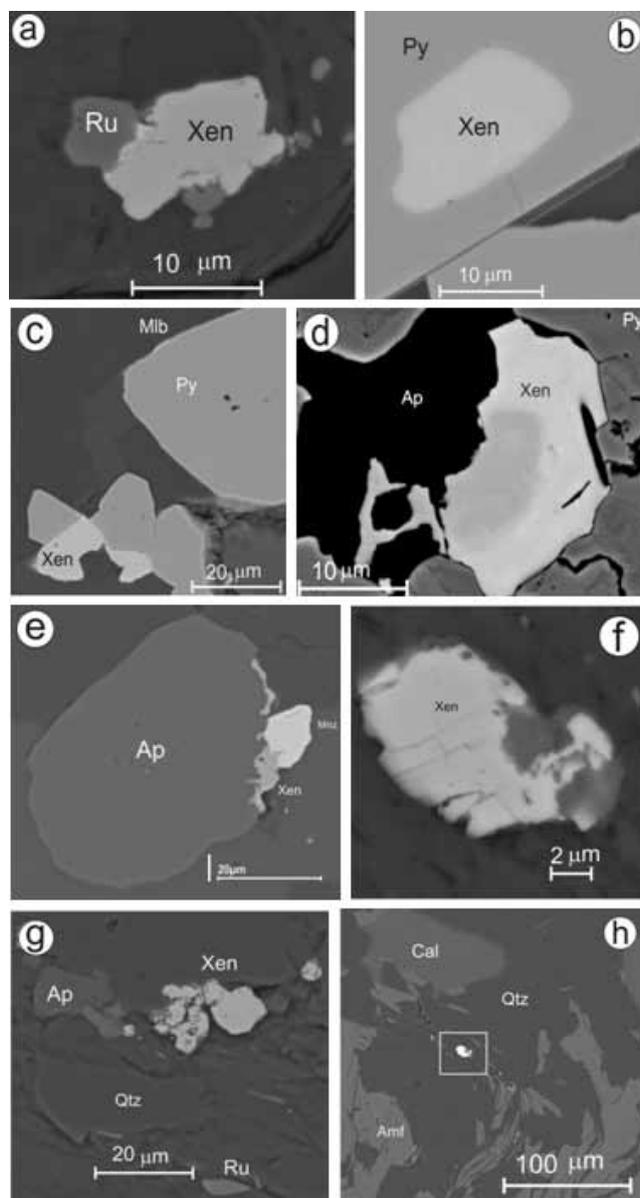


Рис. 1. Ксенотим (Xen). Морфология и соотношения с другими минералами.

В последние годы редкоземельным элементам (REE) в породах различного генезиса и постмагматических продуктах уделяется большое внимание в связи с тем, что REE могут помочь в расшифровке последовательности образования пород и условий их кристаллизации. Не менее важны они при изучении рудного процесса, в т.ч. при формировании золоторудных месторождений. Распределение REE, их количество в рудных телах и околорудных метасоматитах позволяют судить о возможном магматическом источнике и его глубинности, об источнике рудных элементов, в частности, золота, и глубине возникновения гидротермально-флюидных систем [2-5]. Так, сведения о поведении лантаноидов в «сквозных» минералах эпитептермальных золоторудных месторождений (в кварцах [1], шеелитах [6]) имеют важное геохимическое значение.

При гидротермальном метаморфизме пород, вмещающих золоторудные месторождения, происходит перераспределение REE и других компонентов [5]. Метасоматиты кварцевого состава наиболее обедняются ими, а в интенсивно серицитизированных и карбонатизированных разностях идёт локальное накопление лантаноидов до образования собственных минералов. Некоторая часть REE переходит в руды, где достигается наибольшая степень их фракционирования. Кривые распределения REE резко отличаются от таковых для вмещающих пород и безрудных тел, что может служить критерием оценки объектов. Сведения о собственных минералах REE в золоторудных месторождениях скудны, вероятно, из-за отсутствия специ-

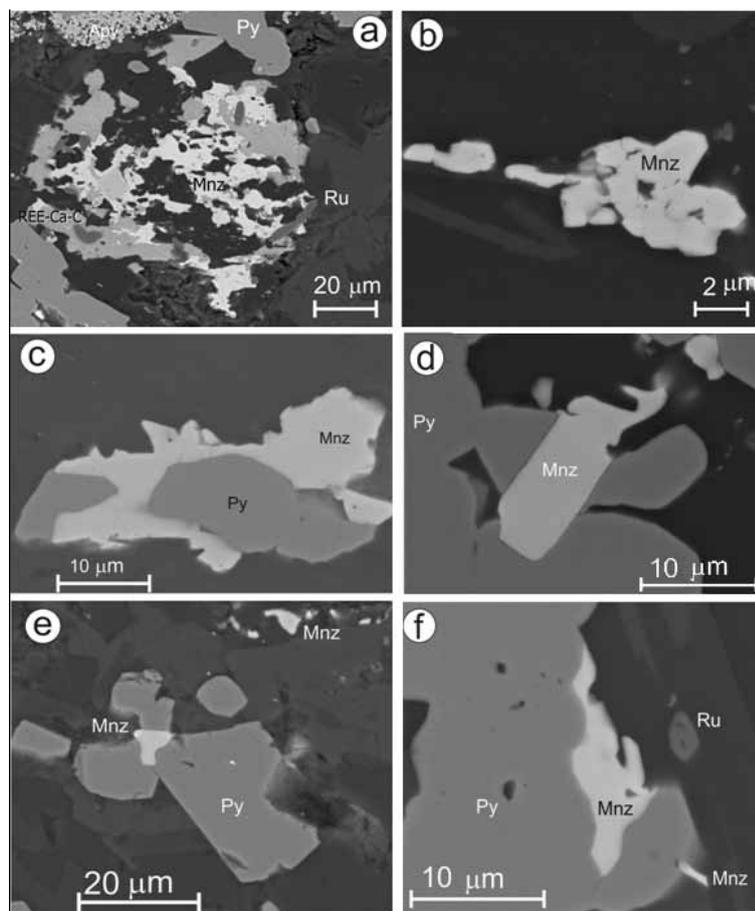


Рис. 2. Монацит (Mnz). Морфология и соотношения с другими минералами.

(Amf), кварцем (Qtz) и кальцитом (Cal). Выделения округлые, разбиты трещинами и изменены с поверхности (рис. 1f), зоны изменения – тёмные участки по краю зерна. Нередко представлен агрегатами без видимых кристаллографических очертаний в ассоциации с апатитом (Ap), кварцем (Qtz), рутилом (Ru) (рис. 1g), часты сростки с ильменитом, титанитом и рутилом (рис. 1a). Типична ассоциация Xen с другими фосфатами – апатитом (Ap) и монацитом (Mnz) (рис. 1e). Встречается в ассоциации с сульфидами, прежде всего с пиритом-II (рис. 1c). На кристалле пирита-I установлена тонкая пластинка молибденита (Mlb). В кристаллах пирита-I Xen представлен округлыми включениями, вероятно, вследствие растворения с краев (рис. 1b). В рудных зонах с пиритом в апатите (Ap) встречаются корродированные Xen короткопризматического габитуса (рис. 1d). В них проявлена внутрифазовая неоднородность. Центральные участки кристалла (на снимке – более тёмные) обогащены Gd и Dy по сравнению с краевой зоной. Близки по составу REE реликты Xen в пирите (рис. 1b).

**Монацит-(Ce) (Mnz).** Монацит в таблитчатых кристаллах образует агрегаты с редкоземельными карбо-

альных исследований рудных образцов на выявление собственных минеральных фаз Y-REE и других редких литофильных элементов. Электронно-микроскопические исследования Co-Cu-Au руд одного стратиформного месторождения США выявили монацит, ксенотим и алланит в сростаниях с кобальтином и другими минералами [7].

В рудных зонах с сульфидной минерализацией ПРВТС установлены Y-REE минералы и минералы группы циркона. При незначительном количестве (акцессории) они широко распространены в породах и рудах Северо-Западного (СЗБ) и Юго-Восточного (ЮВБ) блоков ПРВТС. В связи с малым размером индивидов и однородных участков, диагностика выполнялась с помощью энергодисперсионной приставки Röntec к сканирующему электронному микроскопу LEO-1450. Он же был использован для фотографирования шлифов в обратно-рассеянных электронах.

**Ксенотим-(Y) (Xen).** Минерал встречается в расщеплённых метасоматитах с сульфидной минерализацией и без таковой (рис. 1h) с амфиболами

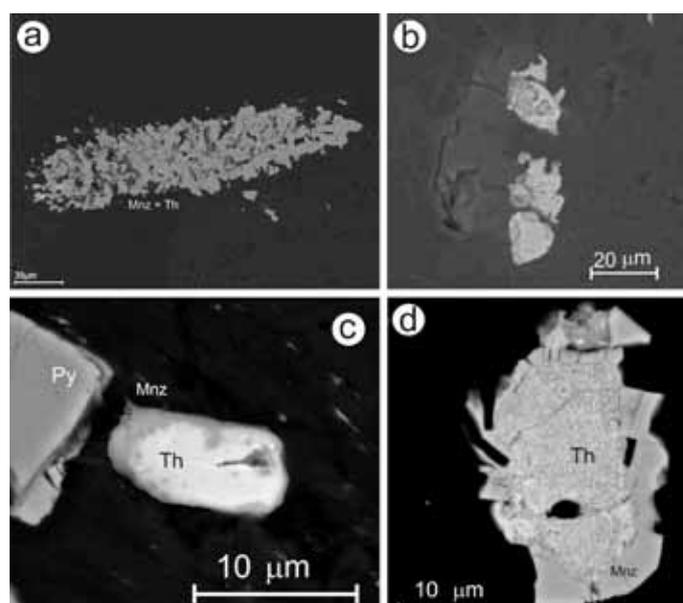


Рис. 3. Монацит (Mnz) и хаттонит (Ht). Морфология и соотношения с другими минералами.

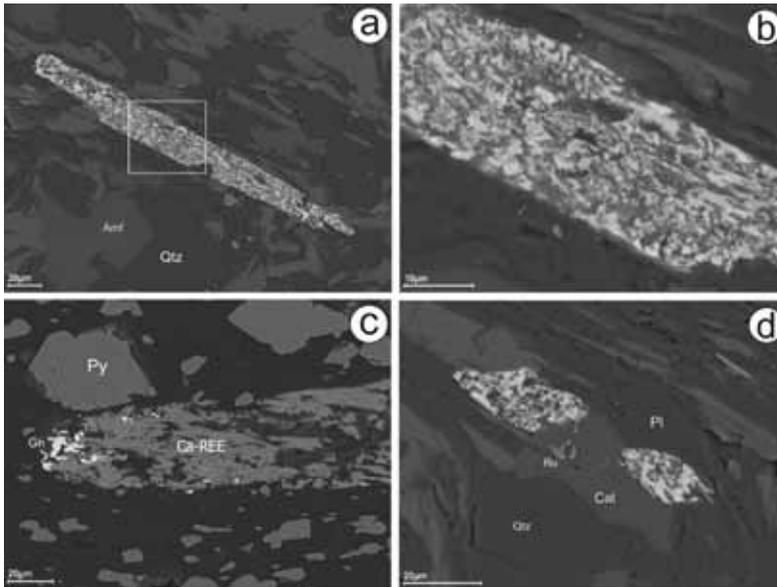


Рис. 4. Карбонаты Y-REE (Ca-REE). Морфология и соотношения с другими минералами.

деления неоднородны (рис. 3b). Некоторые кристаллы зональны (рис. 3c): край – Mnz, ядро – Ht. На отдельных кристаллах можно наблюдать границу между Mnz и Ht (рис. 3d). Такие кристаллы Mnz корродированны, Ht неоднороден, возможно, вследствие замещения Mnz.

**Карбонаты REE (Ca-REE).** Широко распространены и образуют две группы минералов: без дополнительного катиона Ca (группа бастнезита) и с Ca-REE катионами. Обычно образуют частичные или полные псевдоморфозы по валланиту (рис. 4 a-d) в ассоциации с пиритом, кварцем (Qtz), кальцитом (Cal), полевым шпатом (Pl) и рутилом (Ru).

**Циркон (Zr).** Широко распространён. Редко проявляет кристаллографические формы. В метасоматитах часто пятнисто-зонален (рис. 5a) и трещиноват, по трещинам развиваются поздние минералы (рис. 5c). Часто корродирован, нередко нарастания субиндивидов второй генерации (рис. 5b, e, f). Иногда наблюдаются сростки циркона и торита (Th), оба насыщены очень тонкими фазами с высокой атомной массой (возможно, металлические включения). В торите всегда присутствует U в заметных количествах.

Таким образом, в процессе метасоматоза рудовмещающих вулканогенно-осадочных пород произошло общее перераспределение REE и локальное накопление легких или тяжелых REE с образованием собственных минеральных фаз. В рудных ассоциациях мы наблюдаем минеральные фазы Y-REE состава различной природы: протогенетические и сингенетические по отношению к рудной сульфидной, в т.ч. золоторудной, минерализации. Исследование химического состава Y-REE минералов для коррект-

натами (REE-Ca-C), рутилом (Ru) и пиритом (рис. 2a). Мелкие кристаллы создают агрегаты в кварце (рис. 2b), часто с пиритом (рис. 2c). Встречены включения Mnz в пирите. На зерне в пирите есть кристаллографические очертания, зерно в кварце растворено (рис. 2d). Нередки округлые выделения Mnz и Xen в пирите, видимо, реликты от замещения (рис. 2e, f). Mnz обнаружен в ассоциации с силикатом Th, который отвечает формуле  $\text{ThSiO}_4$ . Видимо, это хаттонит (Ht) – моноклинная модификация  $\text{ThSiO}_4$ , изоструктурная с Mnz. Они замещают алланит до полной псевдоморфозы (рис. 3a). Отдельные выделения

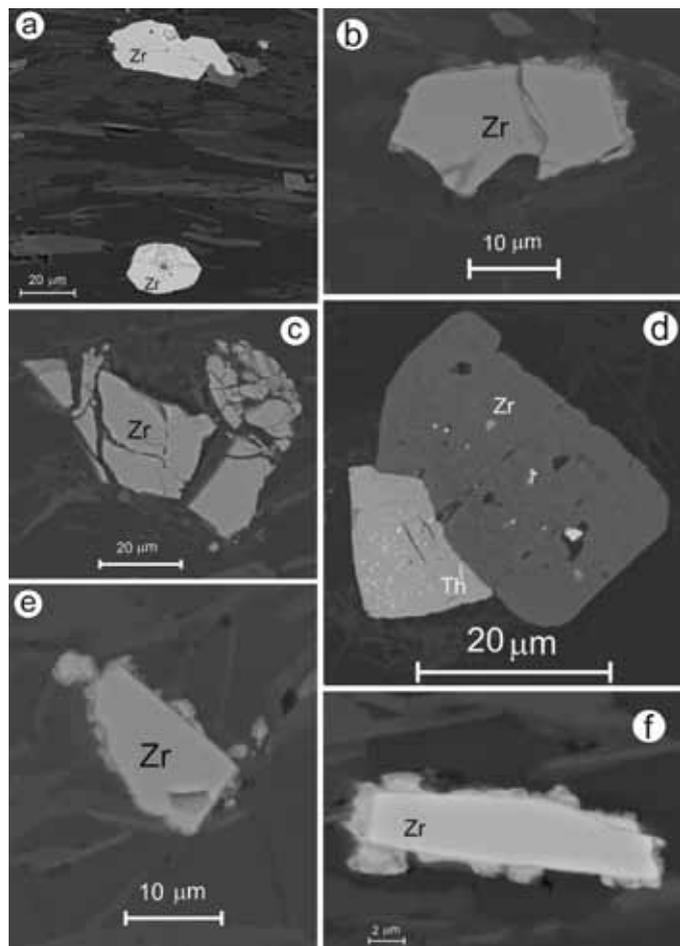


Рис. 5. Циркон. Морфология и соотношения с другими минералами.

ных минералого-генетических построений необходимо выполнять на более высоком уровне, чем с помощью энергодисперсионной приставки Röntec к сканирующему электронному микроскопу LEO-1450.

#### Список литературы

1. Винокуров С.Ф., Коваленкер В.А., Сафонов Ю.Г. и др. Лантаноиды в кварцах эпипермальных золоторудных месторождений: распределение и геохимическое значение // Геохимия. 1999. № 2. С. 171-180.
2. Гребенщикова В.И., Максимчук Ю.В. Редкоземельные элементы в породах, метасоматитах и рудных телах Зун-Холбинской рудно-магматитической системы, Вост. Саян // Геохимия. 2000. № 10. С. 1109-1115.
3. Кравцова Р.Г., Захаров М.Н., Коркина О.И. Редкоземельные элементы в метасоматитах и рудах золото-серебрянного месторождения Дукат, Северо-Восток России // Геология и геофизика. 2005. № 6. С. 603-617.
4. Кравцова Р.Г., Алмаз Я.А. Редкоземельные элементы в рудах эпипермальных золото-серебрянных месторождений, Северо-Восток России // Геохимия. 2006. № 12. С. 1338-1344.
5. Рослякова Н.В., Щербаков Ю.Г., Шипицын Ю.Г. и др. Редкоземельные элементы при формировании золоторудных месторождений // Геология и геофизика. 1992. № 6. С. 68-81.
6. Ghaderi M., Palin M., Campbell I.H. et al. Rare earth element systematics in scheelite from hydrothermal gold deposits in the Kalgoorlie-Norseman region, Western Australia // Econ. Geol. 1999. V 94. P 423-438.
7. Slack J.F. High REE and Y concentrations in Co-Cu-Au ores of the Blackbird district, Idaho // Econ. Geol. 2006. V 101. N 2. P 275-280.

#### **Минералы системы Bi-Te-S Панареченского эпипермального Au-Ag месторождения**

Волошин А.В., Чернявский А.В., Войтеховский Ю.Л., Савченко Е.Э.  
Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, vol@geoksc.apatity.ru

#### **Minerals of Bi-Te-S system of the Panarechka epithermal Au-Ag deposit**

Voloshin A.V., Chernyavsky A.V., Voytekhovskiy Yu.L., Savchenko E.E.

*В минеральных ассоциациях Панареченского Au-Ag эпипермального месторождения теллуриды широко распространены в видовом и количественном отношении, образуя две ветви: с видообразующей ролью Au и Ag, а также теллуриды Bi и Pb. Это месторождение (СЗ блок одноимённой вулканотектонической структуры) следует рассматривать как проявление Au-Te типа и новый генетический тип для Кольского п-ова.*

*In mineral associations of the Panarechka Au-Ag epithermal deposit tellurides are widespread and have many species. These form two groups – that with Au and Ag as key mineral-forming elements, and that with Bi and Pb tellurides. This deposit (NW block of the same-name volcanic-tectonic structure) should be treated as a manifestation of the Au-Te type and a novel genetic type on the Kola Peninsula.*

Au-Ag эпипермальные месторождения, в которых теллуриды составляют существенную часть рудной минерализации, выделяют в особый Au-Te тип (Lindgren, 1937; Хамрабаева, 1983; Bonham, 1986; Коваленкер и др., 1997 и др.). Кроме самородных форм Au и Ag в нём постоянно отмечаются их теллуриды. Рудовмещающие породы таких месторождений обычно включают средние и кислые вулканиты, а также породы щелочного и субщелочного состава. Последние настолько важны, что в классификации гидротермальных золоторудных месторождений [16] наряду с высоко- и низкосульфидизированным эпипермальными типами выделен эпипермальный, связанный со субщелочным магматизмом. Месторождения этого типа существенно богаты Te. Все породы в пределах месторождений Au-Te типа претерпели интенсивный метасоматоз (окварцевание, серицитизацию). Здесь проявлено несколько генераций Au и Ag, а также теллуриды и селениды Au-Ag и, особенно, Pb-Bi составов. Разнообразие теллуридов и селенидов – важный фактор, наводящий на мысль об их важном генетическом значении.

На сегодня накоплен огромный материал по новым минеральным видам и ассоциациям теллуридов в месторождениях различного генетического типа и металлогенической специализации. Но лишь в последнее десятилетие интенсивно проводились их минералого-генетические исследования в золоторудных гидротермальных системах. Яркое тому подтверждение – проект IGCP-486 «Au-Ag-telluride-selenide deposits in Europe and in developing countries and new methodologies for their investigation», 2003-2007. Руководители: N.J. Cook, Норвегия, и K. Kojonen, Финляндия. В проекте участвовали исследователи минералогии многих европейских и азиатских стран, в т.ч. России (О.Ю. Плотинская, ИГЕМ РАН [1]). Состоялись 4 тура экскурсий и конференций в Румынии, Болгарии, Турции и Финляндии [6, 8, 11-13, 17, 18]. Получен огромный материал, подготовлены обзоры по самым известным Au(Ag) - Te(Se) месторождениям, минералогии теллуридов и селенидов, экспериментальным исследованиям Te-богатых гидротермальных систем.

Таблица 1. Au-Ag-Te(Se)-Bi минералы рудных зон Панареченской вулcano-тектонической структуры.

Минерал	Формула	Минерал	Формула
Минералы с видообразующей ролью Ag и Au		Минеральная ассоциация Bi-Te-S	
Эмпресит	AgTe	Теллур	Te
Гессит	Ag <sub>2</sub> Te	Алтаит	PbTe
Штютцит	Ag <sub>5-x</sub> Te <sub>3</sub>	Висмутин	Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
Вольнскит	AgBiTe <sub>2</sub>	Тетрадимит	Bi <sub>2</sub> Te <sub>2</sub> S
Петцит	Ag <sub>3</sub> AuTe <sub>2</sub>	Цумоит	BiTe
Нагиагит	Pb <sub>5</sub> Au(Te,Sb) <sub>4</sub> S <sub>5-8</sub>	Теллуrowисмутит	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>
Бенлеонардит	Ag <sub>8</sub> (Sb,As)Te <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Пильзенит	Bi <sub>4</sub> Te <sub>3</sub>
MPh-1	Ag <sub>2+x</sub> Te	Хедлейит	Bi <sub>4</sub> Te <sub>3</sub>
MPh-2	(Ag <sub>0.52</sub> Au <sub>0.02</sub> )Te	Жозеит-А	Bi <sub>4</sub> TeS <sub>2</sub>
MPh-3	Ag <sub>2.97</sub> Te <sub>8</sub>	Баксанит	Bi <sub>6</sub> Te <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
		Ингодит	Bi <sub>2</sub> TeS
		Раклиджит	PbBi <sub>2</sub> Te <sub>4</sub>
		Кочкарит	PbBi <sub>4</sub> Te <sub>7</sub>
		Алексит	PbBi <sub>2</sub> Te <sub>2</sub> S <sub>2</sub>
		Радхакришнаит	PbTe <sub>3</sub> (Cl,S) <sub>2</sub>
		Колорадоит	HgTe
		Фаза С	PbBi <sub>4</sub> Te <sub>4</sub> S <sub>3</sub>
		MPh-8	HgBi <sub>2</sub> Te <sub>4</sub>
		MPh-26	PbBi <sub>2</sub> Te <sub>2</sub> S <sub>2</sub>

Примечание: MPh – минеральные фазы, не имеющие статуса минерального вида.

Основные результаты исследования: богатые теллуридами месторождения Au представляют отдельный генетический тип месторождений – золото-теллуридный. Теллуриды (селениды) очень чувствительны к изменению физико-химических параметров гидротермальной системы и являются ценными генетическими маркерами [9], особенно минеральные ассоциации с участием теллуридов Bi и Pb. Типоморфизм минералов Bi и Te в золотых месторождениях Вост. Забайкалья обсуждался в [2], работах по Au-Te месторождениям Казахстана [3, 4] и других [5, 7, 10]. Большой материал по генетической минералогии теллуридов Bi и Pb обобщён в [14, 15]. Там же приведена систематика этих минералов с выделением групп тетрадимита и алексита на основе анализа литературных источников, новых данных по химическому составу (более 900 анализов минералов) и поведению теллуридов (селенидов) Bi (Pb) в золоторудных месторождениях различного генезиса и возраста, включая месторождения Финляндии, Англии, Украины и других регионов. Это служит основой для изучения минералогии Панареченского Au-Ag эпитеpмального месторождения с ярко выраженной теллуридной минерализацией.

Здесь минеральные формы теллуридов широко распространены в видовом и количественном отношении и образуют две ветви (табл. 1): с видообразующей ролью Au и Ag и теллуриды Bi и Pb. Первые сведения по теллуридам Bi в месторождениях получены Ю.Н. Нерадовским (устное сообщение) при изучении отдельных аншлифов из керна скважин. Им выполнены первые микронзондовые анализы теллуrowисмутита и тетрадимита.

В аншлифах установлен ряд минералов и минеральных фаз в системе Bi(Pb)-Te-Se-S. В связи с малыми размерами выделений и однородных участков в них диагностика выполнялась с помощью энергодисперсионной приставки Röntec к сканирующему электронному микроскопу LEO-1450. Последний использован и для получения изображений участков полированных шлифов в обратно-рассеянных электронах (рис. 1).

Структуры минералов группы тетрадимита содержат гексагональные плотноупакованные слои. Тетрадимит содержит одиночные слои Bi и S и два слоя Te, создавая пакеты S-Bi-Te, Te-Bi-S. Два Te-слоя удерживаются только остаточной ван-дер-ваальсовской связью. Различные пакеты в минералах этой группы могут создаваться слоями и иметь размеры от  $3 \times 6 \text{ \AA}$  до  $12 \times 6 \text{ \AA}$ . Химические составы минералов могут изменяться по M:(Te,S) от 2:1, 1:1, до 2:3, 4:3, 3:4. Минералы в рядах  $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Bi}_2\text{Se}_3\text{-Bi}_2\text{S}_3$ ,  $\text{BiTe-BiSe-BiS}$  и  $\text{Bi}_4\text{Te}_3\text{-Bi}_4\text{Se}_3\text{-Bi}_4\text{S}_3$  даны в табл. 2.

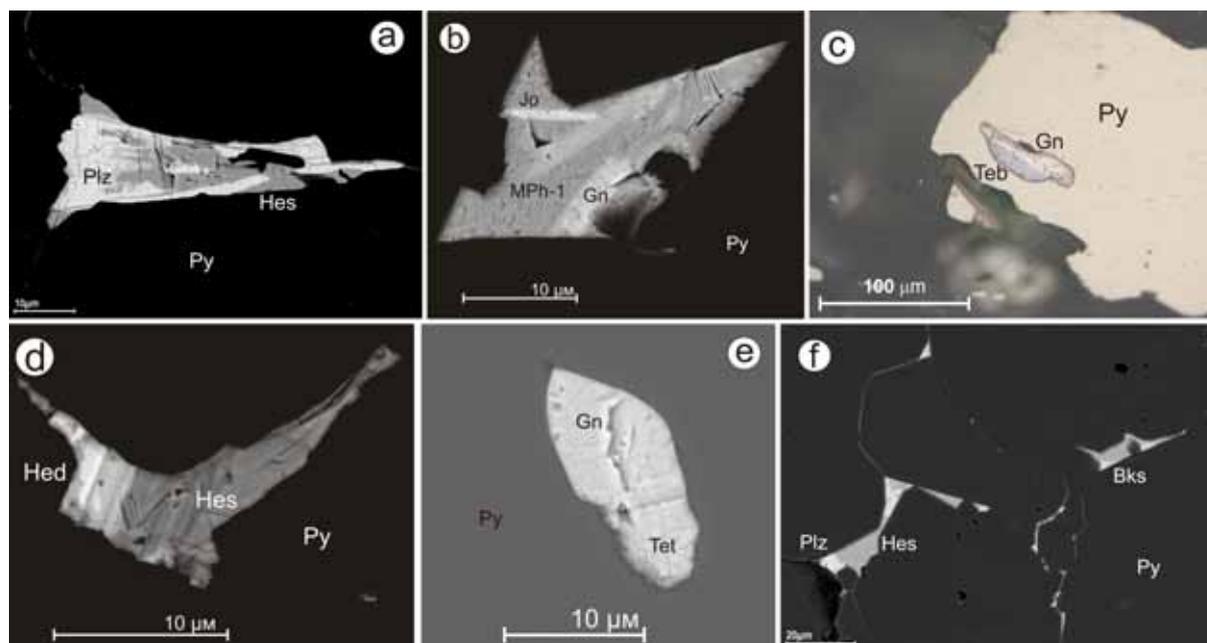


Рис. 1. Минералы группы тетрадимита. а – пильзенит (Plz) в сростании с гесситом (Hes) в пирите (Py); б – сростания минеральной фазы (Mph-1) и галенита (Gn) с выделением жозеита-А (Jo) между кристаллами пирита (Py); с – сросток теллурувисмутита (Teb) с галенитом (Gn) в пирите (Py); д – хедлейит (Hed) с гесситом (Hes) в пирите (Py); е – тетрадимит (Tet) с галенитом (Gn) в пирите (Py); ф – пильзенит (Plz), гессит (Hes) и баксанит (Bks) в интерстициях пирита (Py). а, б, д-ф – в обратно рассеянных электронах, с – в отражённом поляризованном свете.

Группа алексита – теллуросульфиды Bi и Pb. Участие Pb в теллуридах Bi в значительных количествах приводит к перестройке тетрадимитового слоистого мотива структуры из гексагональных плотноупакованных слоёв в мотив, подобный сульфосолям с участием Te. Минеральные виды группы алексита показаны в трёх рядах (табл. 2):  $(\text{Pb+Bi})_3\text{Te}_4\text{-(Pb+Bi)}_3\text{Se}_4\text{-(Pb+Bi)}_3\text{S}_4$ ,  $(\text{Pb+Bi})\text{Te-(Pb+Bi)Se-(Pb+Bi)S}$  и  $(\text{Pb+Bi})_4\text{Te}_3\text{-(Pb+Bi)}_4\text{Se}_3\text{-(Pb+Bi)}_4\text{S}_3$ . В рудных зонах Панареческого месторождения известны 9 минералов группы тетрадимита из 21 известного. Они представляют все три ряда по соотношению Bi-Te. Из 7 известных теллуросульфидов группы алексита в рудах месторождения установлены 3: раклиджит, алексит и кочкарит. Все находятся в одном ряду по соотношению (Pb+Bi)-Te. Химические составы минералов даны в табл. 3, 4.

Серию Pb- и S-богатых теллуросульфидов можно описать формулой  $\text{Pb}_n\text{Bi}_4\text{Te}_4\text{S}_{n+2}$  [15]. Тетрадимит  $\text{Bi}_4\text{Te}_4\text{S}_2$  отвечает ей при  $n=0$ ,  $n=1$  для фазы C, для алексита  $n=2$ , для седлебакита  $n=4$ . В тетрадимите Панареческого месторождения в заметных количествах содержится Pb (табл. 3, рис. 2). Его роль может быть определена только специальным структурным исследованием. То же можно сказать и о фазе C, выделенной в начале гомологической серии [15]. Она устанавливается по химическому составу и в Панареческом месторождении, что подчёркивает высокую вероятность существования этой фазы в системе Pb-Bi-Te-S. После структурного подтверждения её статус как минерального вида не вызывает сомнения. Составы минералов и неназванных фаз в координатах Pb / Pb+Bi и Te+Se / Te+Se+S даны на рис. 3.

Таблица 2. Минералы групп тетрадимита и алексита.

Группа тетрадимита					
$\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Bi}_2\text{Se}_3\text{-Bi}_2\text{S}_3$		$\text{BiTe-BiSe-BiS}$		$\text{Bi}_4\text{Te}_3\text{-Bi}_4\text{Se}_3\text{-Bi}_4\text{S}_3$	
Теллуrowисмутит Тетрадимит Кавазулит Скиппенит Гуанахуатит Парагуанахуатит Висмутин	$\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Te}$ $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$ $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$ $\text{Bi}_2\text{Se}_2\text{Te}$ $\text{Bi}_2\text{Se}_2\text{S}$ $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ $\text{Bi}_2\text{S}_3$	Цумоит Сульфоцумоит Невскит Теллуroneвскит Ингодит Строкаит	$\text{BiTe}$ $\text{Bi}_3\text{Te}_2\text{S}$ $\text{Bi}(\text{Se},\text{S})$ $\text{Bi}_3\text{TeSe}_2$ $\text{Bi}_2\text{TeS}$ $\text{Bi}_3\text{TeS}_2$	Пильзенит Жозеит-А Жозеит-В Баксанит Лайтакарит Икунолит Вихорлатит Хедлейит	$\text{Bi}_4\text{Te}_3$ $\text{Bi}_4\text{TeS}_2$ $\text{Bi}_4\text{Te}_2\text{S}$ $\text{Bi}_4\text{Te}_2\text{S}_3$ $\text{Bi}_4\text{Se}_3$ $\text{Bi}_4(\text{S},\text{Se})_3$ $\text{Bi}_{24}\text{Se}_{17}\text{Te}_4$ $\text{Bi}_7\text{Te}_3$
Группа алексита					
$(\text{Pb+Bi})_3\text{Te}_4\text{-(Pb+Bi)}_3\text{Se}_4\text{-(Pb+Bi)}_3\text{S}_4$		$(\text{Pb+Bi})\text{Te-(Pb+Bi)Se-(Pb+Bi)S}$		$(\text{Pb+Bi})_4\text{Te}_3\text{-(Pb+Bi)}_4\text{Se}_3\text{-(Pb+Bi)}_4\text{S}_3$	
Раклиджит Поубаит Платинит Алексит Кочкарит	$\text{PbBi}_2\text{Te}_4$ $\text{PbBi}_2(\text{Se},\text{Te},\text{S})_4$ $\text{PbBi}_2\text{Se}_4$ $\text{PbBi}_2\text{Te}_2\text{S}_2$ $\text{PbBi}_4\text{Te}_7$	Саддлебакит	$\text{Pb}_2\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}_3$	Бабкинит	$\text{Pb}_2\text{Bi}_2\text{S}_3$

Примечание: выделены минералы из рудных зон Панареченского месторождения.

Таблица 3. Формульные коэффициенты минералов группы тетрадимита.

Минерал	Формула	Bi	Fe	Ag	Pb	Cu	Te	S	Se	Sb
Тетрадимит	$\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$	1.835	0.021	0.022	0.149		2.180	0.765		0.028
		1.984			0.154		2.151	0.697		0.015
		0.749	0.702	0.564	0.269		1.725	0.991		
		1.336	0.700	0.156			2.338	0.700	0.063	
		1.450	0.258		0.326		1.415	1.090	0.461	
Цумоит	$\text{BiTe}$	0.448	0.136	0.096	0.271		1.027		0.021	
		1.089					1.000			
		0.337		0.344	0.401		1.000			
Ингодит	$\text{Bi}_2\text{TeS}$	1.738	0.222	0.113			0.483	1.007	0.438	
Теллуrowисмутит	$\text{Bi}_2\text{Te}_3$	1.745	0.029	0.037	0.125		2.968	0.027		0.006
		2.043	0.006	0.023	0.030		2.983	0.008		0.009
		1.902		0.016	0.052		2.972	0.017		0.010
		1.825	0.016	0.044	0.113	0.027	2.973	0.027		
		2.190		0.028	0.115		2.979	0.016		0.005
		2.431					2.852		0.148	
Пильзенит	$\text{Bi}_4\text{Te}_3$	1.767		0.375	1.771		3.087		0.151	
		3.164	0.694				3.142			
		3.441	0.456	0.130			2.973			
		3.491	0.524				2.985		0.278	
		5.088					3.000			
		4.307					3.000			
4.299					3.000					
Хедлейит	$\text{Bi}_7\text{Te}_3$	5.677	0.540	0.529			3.000			
Жозеит-А	$\text{Bi}_4\text{TeS}_2$	2.451	0.368	1.221			0.828	1.477	0.654	
Баксанит	$\text{Bi}_6\text{Te}_2\text{S}_3$	4.409	1.026	0.450			0.894	3.141	1.080	

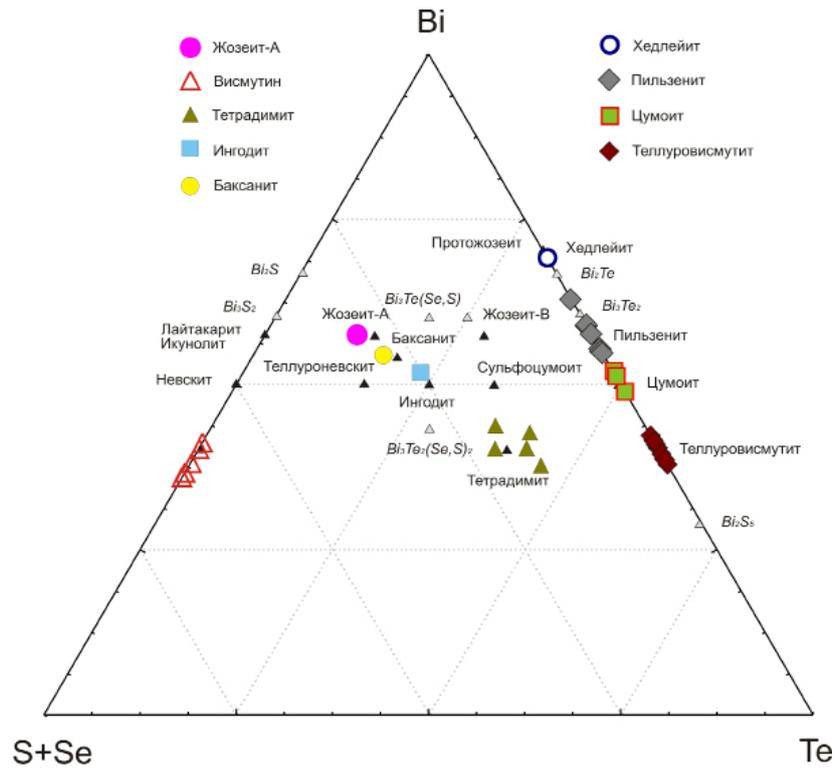


Рис. 2. Диаграмма идеальных составов минералов и неназванных фаз (залитые и пустые чёрные треугольники) [14]. Реальные составы наших минералов показаны цветными знаками.

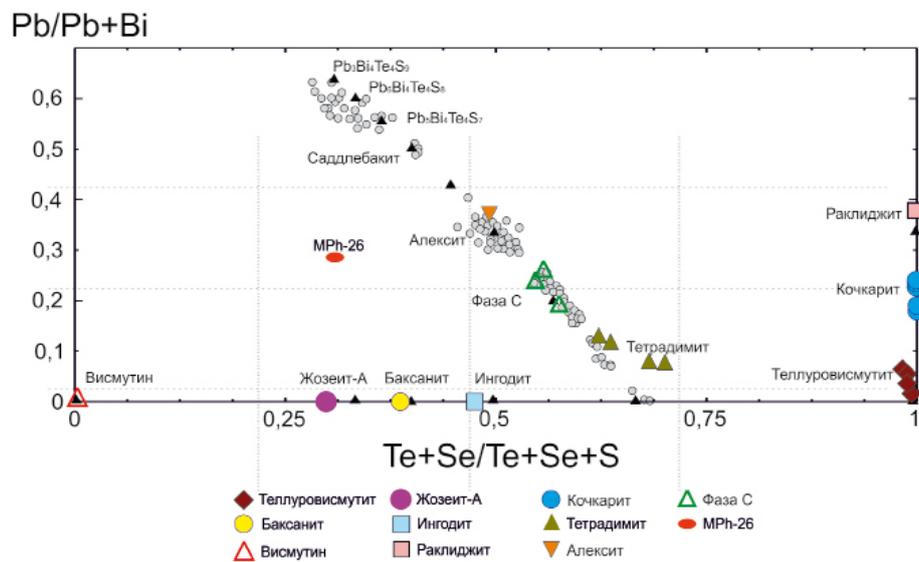


Рис. 3. Диаграмма составов минералов и неназванных фаз (показаны чёрными залитыми треугольниками, в зоне гомологических серий Pb- и S-богатых теллуросульфидов – залитыми серыми кружками) [15]. Реальные составы наших минералов показаны цветными знаками.

Таблица 4. Формульные коэффициенты минералов группы алексита.

Минерал	Формула	Pb	Bi	Fe	Ag	Te	S	Se
Кочкарит	PbBi <sub>4</sub> Te <sub>7</sub>	0.889	3.297	0.281	0.517	7.016		
		1.157	3.092		0.745	6.816		0.190
		1.150	3.072		0.678	6.925		0.175
		1.190	3.060		0.737	6.935		0.078
		0.920	3.270		0.501	7.218		0.092
Раклиджит	PbBi <sub>2</sub> Te <sub>4</sub>	1.197	1.585		0.377	3.686		0.155
Алексит	PbBi <sub>2</sub> Te <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	0.732	1.718	0.408		1.447	2.114	0.582
Фаза С	PbBi <sub>4</sub> Te <sub>4</sub> S <sub>3</sub>	1.185	3.026	0.697		2.804	3.207	0.082
		1.273	2.995	0.582		2.753	3.180	1.226
		0.964	3.205	0.689		3.271	3.040	0.851
MPh-26	PbBi <sub>2</sub> Te <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	0.510	1.263			1.425	3.617	0.185

Исследования минеральных ассоциаций в рудных зонах Панареченского Au-Ag месторождения позволяют сделать два вывода:

- минеральные формы теллуридов здесь широко распространены в видовом и количественном отношении;
- месторождение следует относить к эпипермальному золото-теллуриднему типу, новому для Кольского п-ова.

#### Список литературы

1. Плотинская О.Ю., Коваленкер В.А. Минералы системы Ag-Au-X (где X=S, Se, Te) в эпипермальных обстановках как индикаторы условий минералообразования // Докл. МО РМО. Режим доступа: [www.minsoc.ru/E2-2008-1-0](http://www.minsoc.ru/E2-2008-1-0).
2. Сахарова М. С. Типоморфизм ассоциаций минералов висмута и теллура в золотых месторождениях Восточного Забайкалья // Типоморфизм минералов и его практическое значение. М.: Недра, 1972. С. 233-240.
3. Спиридонов Э.М. Минеральные ассоциации золото-теллуридного месторождения Ю. Аксу в Сев. Казахстане // Зап. Узб. отд. ВМО. 1985. Вып. 38. С. 90-95.
4. Спиридонов Э.М. О последовательности образования и типохимизме теллуридов золота-серебра в месторождениях плутоногенной золото-кварцевой формации, Сев. Казахстан // Традиционные и новые направления в минералогических исследованиях. М.: изд-во ИГЕМ РАН, 2001. С. 149-151.
5. Ciobanu C.L., Cook N.J. Tellurides and selenides (and Bi-sulphosalts) in gold deposits // 11<sup>th</sup> Quadrennial IAGOD Symposium and Geocongress 2002. Windhoek, Namibia, Geol. Surv. Namibia. CD Vol. of ext. abstr.
6. Ciobanu C.L., Cook N.J., Spry P.G. Telluride and selenide minerals in gold deposits – how and why? // Mineral. and Petrol. 2006. V 87. P 163-169.
7. Ciobanu C.L., Cook N.J., Sundblad K. Genetic insights from exotic trace mineral associations at Orijarvi and Ilijarvi, S-W Finland // Proc. Int. Symp. «Metallogeny of Precambrian shields». Kyiv, Ukraine. Sept. 18-20, 2002. P 41-45.
8. Ciobanu C.L., Cook N.J., Pring A. Bismuth tellurides as gold scavengers // J.W. Mao, F.P. Bierlein, eds. Mineral Deposit Research: Meeting the Global Challenge. Springer: Berlin-Heidelberg-New York, 2005. P 1383-1386.
9. Cook N.J., Ciobanu C.L. Tellurides: more than mineralogical curiosities, but also markers of fS<sub>2</sub>-fO<sub>2</sub> evolution in zoned hydrothermal systems // Abstr. 18<sup>th</sup> General IMA Meeting, Edinburg, Scotland, 2002. P 283.
10. Cook N.J., Ciobanu C.L., Nechaev S.V. et al. Genetic constraints from Bi-mineral associations in the Maiskoe Au-deposit, Ukrainian Shield // Proc. Int. Symp. «Metallogeny of Precambrian shields». Kyiv, Ukraine. Sept. 18-20, 2002. P 46-48.
11. Cook N.J., Bonev I.K., eds. Proc. 2005 Field Workshop: Au-Ag-Te-Se deposits // IGCP-486. Kiten, Bulgaria, Sept. 14-19, 2005. 160 p.
12. Cook N.J., Ciobanu C.L. Tellurides in Au deposits: implications for modeling // J.W. Mao, F.P. Bierlein, eds. Mineral Deposit Research: Meeting the Global Challenge. Springer: Berlin-Heidelberg-New York, 2005. P 1387-1390.
13. Cook N., Ciobanu C., Spry P. et al. Telluride and selenide minerals in gold deposits. A half-

term report for IGCP-486 // Ext. Abstr. 12<sup>th</sup> Quadrennial IAGOD Symposium Understanding the genesis of ore deposits to meet the demands of the 21<sup>st</sup> century. Moscow, Aug. 21-24, 2006. S.V. Cherkasov, ed. P 106.

14. Cook N.J., Ciobanu C.L., Wagner T. *et al.* Minerals of the system Bi-Te-Se-S related to the teteradymite archetype: review of classification and compositional variation // *Canad. Miner.* 2007. V 45. P 665-708.

15. Cook N.J., Ciobanu C.L., Stanley C.J. *et al.* Compositional data for Bi-Pb tellurosulfides // *Canad. Miner.* 2007. V 45. P 417-435.

16. Groves D. I., Goldfarb R. J., Gebre-Mariam M. *et al.* Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types // *Ore Geology Rev.* 1998. V 13. P 7-27.

17. Kojonen K. Au-Ag selenide-telluride deposits in Finland // *Proc. Field Workshop of IGCP-486 «Au-Ag-Te-Se deposits»*. Izmir, Turkey, Sept. 24-29, 2006.

18. Kojonen K. Au-Ag telluride-selenide minerals and their diagnostic features // *Geol. Surv. Finland. Guide* 53. 2007. P 61-64.

### **Новые данные о платиноносности Фёдоровотундровского массива**

Грошев Н.Ю.

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, grooshan@gmail.com

### **New data on the Pt mineralization of the Fedorova tundra massif**

Groshev N.Yu.

*В статье приводятся результаты поисков ЭПГ-минерализации в верхних частях разреза Фёдоровотундровского массива, позволяющие выделить её новый уровень – риф Невидимый (Н-риф). Он приурочен к одному из специфичных для верхних частей разреза горизонтов повышенной неоднородности, для которых характерно ритмичное чередование оливиновых, плагиоклаз-оливиновых и плагиоклазовых кумулатов. Содержания Pt и Pd до 0.9 г/т установлены в оливиновых и плагиоклаз-оливиновых кумулатах в средних и нижних частях ритмов. Н-риф характеризуется большей долей Pt (среднее отношение Pt/Pd = 1.2) по сравнению с контактовым ЭПГ-оруденением и отсутствием макроскопической сульфидной минерализации (средняя концентрация S = 0.03 %).*

*The current article represents results of recent geological prospecting of PGE-mineralization in the upper parts of the Fedorova tundra massif. These data allow defining a new PGE-mineralized level (N-reef). The latter is connected with one of horizons of heightened heterogeneity, where rhythmical interlayering of olivine, plagioclase-olivine and plagioclase cumulates is common. Heightened PGE contents are observed in olivine and plagioclase-olivine cumulates and come up to 0.9 ppm. PGE-mineralization of the N-reef is essentially more platinum (average Pt/Pd ratio - 1.2) than contact type PGE-mineralization known in the massive. PGE-mineralized rocks are free from macroscopic sulfide mineralization and average sulfur concentration does not exceed 0.03 %.*

Фёдоровотундровский массив (ФТМ) с массивами Западно- и Восточно-Панских тундр входит в состав Фёдорово-Панского раннепротерозойского (2.5 млрд. лет) расслоенного комплекса (ФПРК), располагающегося в центральной части Кольского п-ова вдоль контакта раннепротерозойских супракрустальных пород Имандра-Варзугской зоны и архейского фундамента. За последние десятилетия в пределах ФПРК установлены проявления и месторождения ЭПГ двух основных геолого-промышленных типов: контактового и рифового. Первый проявлен в краевых частях всех массивов ФПРК, но экономическое значение имеет только ЭПГ-минерализация мощной краевой серии ФТМ, образующая Фёдоровотундровское месторождение [3]. Второй выявлен на двух уровнях разреза Западно-Панского массива и трёх уровнях разреза Восточно-Панского массива. На Западно-Панском массиве установлены рифы Северный и Южный с месторождением Киевей в пределах Северного рифа [3], на Восточно-Панском массиве – протяжённые маломощные зоны обогащения минералами платиновых металлов, обозначаемые как зоны А, В и С, с месторождением Вост. Чуарвы в зоне В [2]. До последнего времени считалось, что рифовая ЭПГ-минерализация проявлена в расслоенных толщах Западно-Панского и Восточно-Панского массивов, а ФТМ является исключением.

Эти представления изменились с выделением в основании нижней базитовой зоны ФТМ уровня ЭПГ-минерализации [1], который получил название риф Случайный (С-риф, рис. 1). Этот уровень «случайно» пересечён разведочными скважинами, целью бурения которых было вскрытие контактовой ЭПГ-минерализации Фёдоровотундровского месторождения, и установлен во многом благодаря применявшемуся при разведке сплошному опробованию керна. Наиболее характерные минерализованные породы С-рифа – мезократовые и меланократовые троктолиты, плагиогарцбургиты, в которых при содержании S до 0.03 мас. % (т.е. при отсутствии видимой сульфидной минерализации) устанавливаются высокие содержания ЭПГ. Предыдущими исследователями ФТМ [4] маломощные тела троктолитов и плагиогарцбургитов отмечались выше по разрезу, начиная от уровня С-рифа, на протяжении более 2.5 км видимой мощности. В связи с этим предпринята попытка поисков ЭПГ-минерализации в троктолитах верхних обнажённых частей ФТМ по аналогии с рифом Случайным.

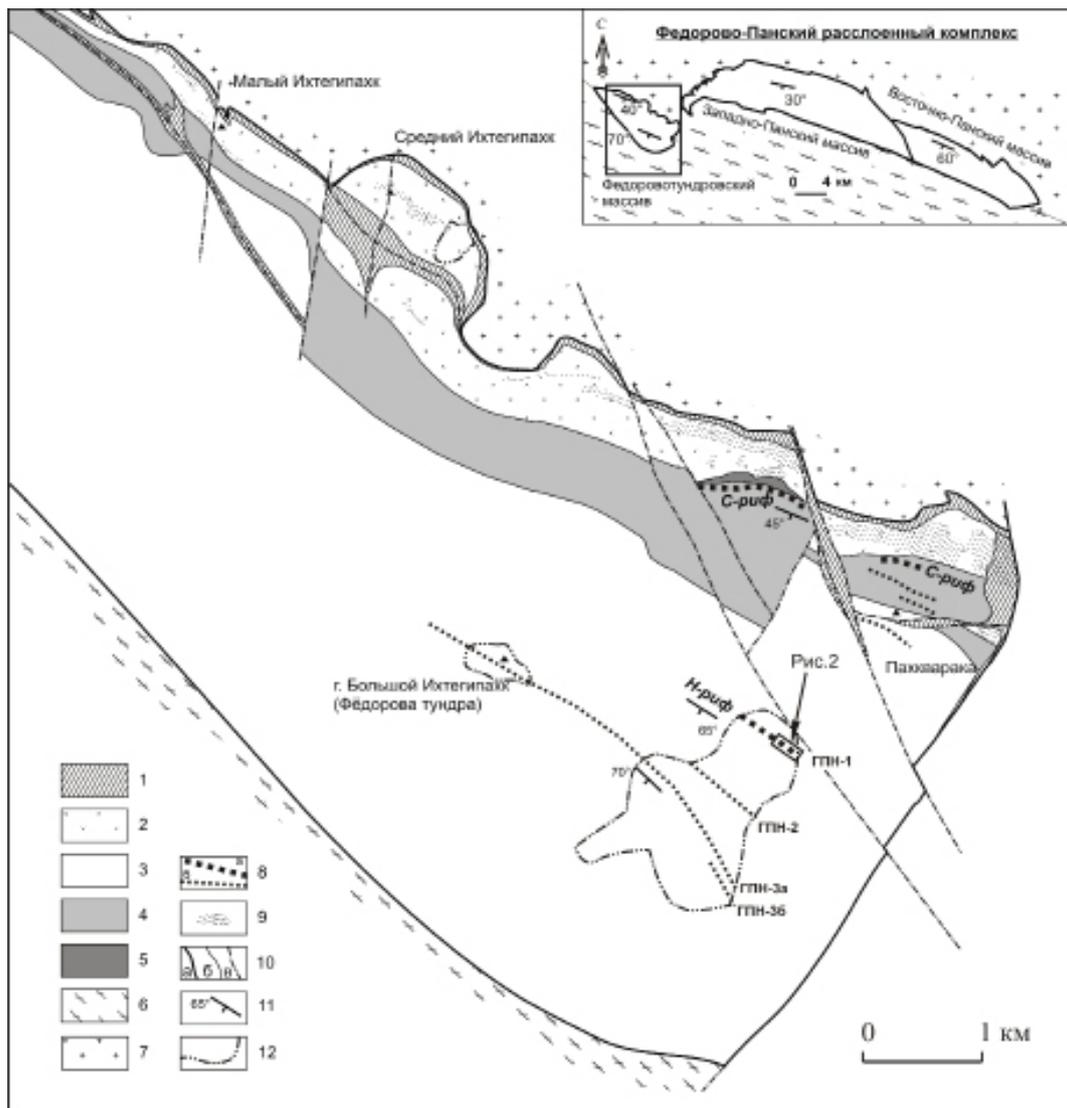


Рис. 1. Геологическая схема Фёдоровой тундры. Составлена в ОАО «Пана» (1998) с изменениями и дополнениями автора. 1 – тектонизированные метабазиты; 2 – краевая серия (такситовые нориты и габбронориты); 3-5 – расслоенная серия: 3 – верхняя базитовая зона (плагиоклазовые и оливин-плагиоклазовые лейкократовые кумулаты), 4 – нижняя базитовая зона (плагиоклазовые лейко- и мезократовые кумулаты в чередовании с мезократовыми плагиоклаз-энстатит-авгитовыми кумулатами); 5 – ультрамафитовая зона (энстатитовые и энстатит-оливиновые кумулаты); 6 – метавулканиты зоны Имандра-Варзуга; 7 – архейский фундамент; 8 – уровни развития оливиновых и плагиоклаз-оливиновых мезократовых и меланократовых кумулатов: а – минерализованных ЭПГ, б – пустых; 9 – контактовая ЭПГ-минерализация; 10а – контур массива, 10б – границы пород, 10в – разломы; 11 – залегание расслоенности; 12 – наиболее хорошо обнажённые площади ФТМ.

Основные методы исследования: 1) геологическое картирование в масштабе 1:10000 по нескольким профилям топографической сети, заданной с помощью GPS-навигации, с отбором штуфных проб на ЭПГ; 2) детальное геологическое картирование в масштабе 1:100 на выделенных участках с отбором бороздовых проб на ЭПГ. Параметры борозд с учётом опыта подобных работ на других массивах ФПРК взяты следующие: ширина – 5 см, глубина – 7 см. Определение содержаний Au, Pt, Pd, Rh, Cu, Ni, Co и S в пробах выполнялись в лаборатории анализа благородных металлов и химико-аналитической лаборатории ГИ КНЦ РАН.

Геологическая схема ФТМ и обследованные участки разреза даны на рис. 1. Геологическое картирование обнажённой части верхней базитовой зоны (ВБЗ) позволило охарактеризовать её нижнюю часть, как грубое линзовидно-ритмичное чередование «лейкогаббро» и оливинсодержащих лейкократовых габброноритов при мощности отдельных слоёв-линз в первые десятки и сотни метров. «Лейкогаббро» – плагиоклазовые кумулаты (pC), в которых часто проявлены сильные аутометаморфические изменения. В оливинсодержащих лейкогабброноритах (тоже плагиоклазовых кумулатах) отмечаются локальные повышения содержания оливина и его переход в кумулус. В таких случаях породы соответствуют лейкотроктолитам (poC), выделить которые в виде слоя в толще плагиоклазовых кумулатов не удаётся. Перечисленные кумулаты ВБЗ имеют массивную, участками пятнистую текстуру. Директивные текстуры не отмечаются. Контакты между участвующими в грубом чередовании разновидностями пород не наблюдались. Линзовидно-ритмичное чередование пород прекращается в средней части ВБЗ, к ЮЗ от вершины г. Б. Ихтигипахк из разреза исчезают оливинсодержащие лейкогаббронориты, выше по разрезу залегает однородная толща «лейкогаббро».

Грубое линзовидно-ритмичное чередование в нижней части ВБЗ на нескольких уровнях разреза осложняется более тонким переслаиванием с участием более контрастных по меланократовости пород. Уровни разреза с подобным переслаиванием выделяются как горизонты повышенной неоднородности (ГПН). Они представляют собой зоны, в которых среди преобладающих лейкократовых пород отмечаются слои более меланократовых дифференциатов – мезо- и меланократовых трахитоидных троктолитов, плагиогарцбургитов, в идеальном случае формирующих с лейкократовыми разностями полноценный ритм. Он имеет трёхчленное строение: 1) в основании залегают трахитоидные троктолиты, меланотроктолиты или плагиогарцбургиты (кумуляты poC и oC), 2) средняя часть сложена оливинсодержащими лейкогабброноритами с различным количеством лейкотроктолитов (кумуляты pC и poC), 3) верхняя часть представлена «лейкогаббро», реже – их неизменёнными разностями – лейкогабброноритами (кумуляты pC). Нижняя граница ГПН проводится по первому появлению протяжённого слоя оливиновых или оливин-плагиоклазовых кумулатов. Как правило, они отчётливо выделяются по трахитоидной текстуре. Верхняя граница выделяется условно по подошве третьего члена ритма при отсутствии оливиновых или плагиоклаз-оливиновых кумулатов выше по разрезу на протяжении 50 м мощности.

Всего в пределах изученной территории выделены четыре таких горизонта (рис. 1): ГПН-1, ГПН-2, ГПН-3а и ГПН-3б. Принятая нумерация ведётся от первого *картируемого* горизонта. На первом этапе работ, когда отбирались только штуфные пробы, опробованы оливиновые и плагиоклаз-оливиновые кумулаты всех горизонтов (~70 проб). Повышенные содержания Pt+Pd (> 0.1 г/т) обнаружены только в ГПН-1. Штуфным опробованием ЭПГ-минерализация прослежена на 350 м по простиранию. На втором этапе работ в ГПН-1, ГПН-2 и ГПН-3а проведено бороздвое опробование с различной степенью детальности: ГПН-1 дважды пересечён бороздами, в ГПН-2 и ГПН-3а опробованы оливиновые и оливин-плагиоклазовые кумулаты и прилегающие к ним участки разреза. Для ГПН-3б бороздвое опробование не проводилось из-за слабой обнажённости. В результате отобраны и проанализированы на ЭПГ 95 бороздовых проб общей длиной ~60 м. Повышенные концентрации ЭПГ проявились только в ГПН-1 и прослежены по простиранию бороздовым опробованием на 170 м.

ГПН-1 при видимой мощности от 4 до 14 м прослеживается в обнажениях по простиранию на 400 м (рис. 1). Породы горизонта падают по аз. 213-217°, углы падения – от 59° до 70° при среднем значении 65°. ГПН-1 имеет ритмичное строение с описанной выше трёхчленной структурой ритмов. Всего в разрезе выделяются шесть ритмических единиц (рис. 2). В различных пересечениях ритмов по простиранию, а также в зависимости от положения ритмической единицы в разрезе горизонта, те или другие слои могут быть слабо проявлены. Повышенные концентрации ЭПГ приурочены к породам горизонта, содержащим кумулятивный оливин (лейко-, мезо- и меланократовым троктолитам), т.е. связаны с нижними и средними слоями ритмов. Почти непрерывная по разрезу ЭПГ-минерализация наблюдается в ритмах, где отсутствует верхний безоливиновый слой «лейкогаббро». В полноценных трёхчленных ритмах минерализация имеет дискретный характер, прерываясь в верхнем слое ритма.

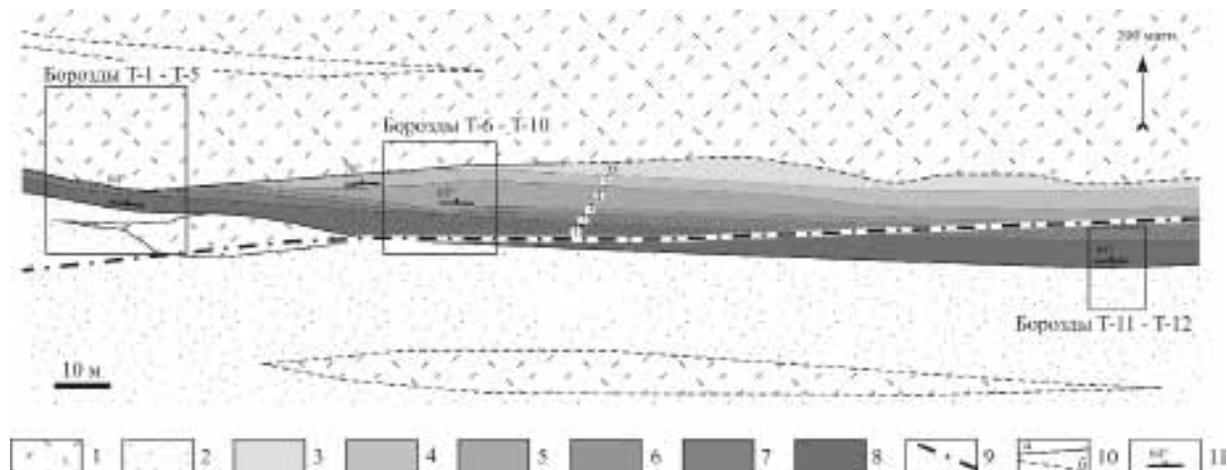


Рис. 2. Геологическая карта-схема первого горизонта повышенной неоднородности. 1 – «лейкогаббро»  $pCabb^*$ ; 2 – оливинсодержащие лейкогаббронориты  $pCob^*ba$  с подчинёнными лейкотроктолитами  $poCb^*ba$ ; 3-8 – ритмы ГПН: 3, 4, 5, 6, 7, 8 – соответственно шестой, пятый, четвёртый, третий, второй и первый ритмы; 9 – зона расланцевания; 10 – границы между породами и ритмами ГПН: а – установленные, б – предполагаемые; 11 – элементы залегания ритмов.

Таблица 1. Вариации содержаний благородных металлов, Cu, Ni и S в породах ГПН-1 по данным бороздового опробования.

Элементы		Породы (число проб)				
		LG(12)	LGN(O)(16)	LGN(O)-LT(19)	T(5)	MT(5)
Au	г/т	<0.004-0.005 / 0.003	<0.004-0.005 / 0.004	<0.004-0.004 / 0.003	0.004	0.004-0.008 / 0.005
Pt		<0.02-0.058 / 0.023	<0.02-0.26 / 0.08	0.02-0.31 / 0.16	0.09-0.21 / 0.16	0.24-0.65 / 0.37
Pd		0.009-0.039 / 0.022	0.012-0.200 / 0.058	0.057-0.280 / 0.149	0.160-0.240 / 0.194	0.180-0.340 / 0.260
Cu	мас. %	<0.01-0.013 / 0.007	<0.01-0.01 / 0.005	<0.01-0.01 / 0.006	<0.01	<0.01-0.015 / 0.009
Ni		0.01-0.031 / 0.013	<0.01-0.054 / 0.021	<0.01-0.046 / 0.020	0.019-0.054 / 0.033	0.016-0.073 / 0.044
S		0.02-0.18 / 0.06	0.01-0.08 / 0.03	0.01-0.13 / 0.04	0.01-0.07 / 0.03	0.01-0.05 / 0.02
2ЭПГ*		0.097	0.460	0.560	0.440	0.890
Pt/Pd**		-	1.2-2.3 / 1.6	0.5-1.5 / 1.1	0.5-1.3 / 0.9	0.7-2.7 / 1.5

Примечание. Приведены диапазоны вариаций концентраций элементов в породах (LG – «лейкогаббро», LGN(O) – оливинсодержащие лейкогаббронориты, LGN(O)-LT – оливинсодержащие лейкогаббронориты и лейкотроктолиты, T – троктолиты, MT – мезо-меланократовые троктолиты) и их средние значения. \* – максимальные значения суммы Pt и Pd, \*\* – вариации отношения Pt/Pd для проб с суммой Pt и Pd больше 0.1 г/т. Концентрации Rh и Co не превышают порога определения.

Вариации содержаний благородных металлов, Cu, Ni и S в породах, опробованных бороздовым способом в ГПН-1, даны в табл. 1. Повышенные содержания ЭПГ встречаются во всех типах пород, за исключением не содержащих оливин «лейкогаббро». Средние концентрации Pt и Pd превышают порог 0.1 г/т только в породах, содержащих кумулятивный оливин (лейкотроктолитах, троктолитах и мезо-меланократовых троктолитах) и увеличиваются с возрастанием доли оливина в породах. Среднее отношение Pt/Pd для проб с содержанием Pt и Pd больше 0.1 г/т составляет 1.2 при вариациях от 0.5 до 2.7. Максимальное значение Pt + Pd = 0.89 г/т установлено в мезо-меланократовых троктолитах в основании третьего ритма.

Видимой сульфидной минерализации в ГПН-1 не установлено, Cu, Ni и S не образуют высоких концентраций. Средние концентрации Ni, Pt и Pd в ряду от «лейкогаббро» к мезо-меланократовым троктолитам увеличивается от 0.013 до 0.044 % благодаря силикатному Ni, вхо-

дающему в состав оливина. Для средних содержаний S в том же ряду пород характерна обратная закономерность – происходит их уменьшение от 0.06 до 0.02 %. Эти изменения средних концентраций элементов подчёркивают наличие связи ЭПГ с оливином и её отсутствие с сульфидами. По результатам изучения аншлифов, Pt и Pd в ГПН-1 образуют собственные минеральные фазы. На сканирующем электронном микроскопе диагностированы изоферроплатина, сперриллит, брэггит, кейтконнит и атоцит.

Проведённые исследования позволяют выделить в ФТМ новый протяжённый маломощный уровень ЭПГ-минерализации – риф Невидимый (Н-риф). ЭПГ-минерализация Н-рифа характеризуется отчётливым стратиграфическим контролем и не выходит за границы ГПН-1. Её особенности: 1) более платиновая специализация ( $Pt/Pd = 1.2$ ) по сравнению с известным ЭПГ-оруденением ФПРК ( $Pt/Pd = 0.1-0.5$  [2, 3]), 2) связь ЭПГ-минерализации с «оливинсодержащими» кумулатами при отсутствии видимой сульфидной минерализации (среднее содержание  $S = 0.03$  %).

#### Список литературы

1. Грошев Н.Ю., Ниткина Е.А., Митрофанов Ф.П. Двухфазный механизм образования платинометаллических базитов Фёдоровотундровского массива на Кольском п-ове: новые геологические и изотопно-геохронологические данные // Докл АН. 2009. Т. 427. № 5. С. 669-673.
2. Казанов О.В., Калинин А.А. Геологическое строение и платинометаллическая минерализация Восточно-Панского массива / Промежуточные результаты межд. проекта KOLARCTIC INTERREG III A NORTH – TACIS N KA-0197 «Стратегические минеральные ресурсы – основа устойчивого развития Севера» (Россия – Финляндия – Швеция) / Колл. авторов. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 56-67.
3. Корчагин А.У., Митрофанов Ф.П. Месторождения МПГ западной части Фёдорово-Панских тундр (Фёдорово- и Малая Пана): состояние и перспективы освоения / Промежуточные результаты межд. проекта KOLARCTIC INTERREG III A NORTH – TACIS N KA-0197 «Стратегические минеральные ресурсы – основа устойчивого развития Севера» (Россия – Финляндия – Швеция). Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 42-51.
4. Радченко М.К. Особенности строения массива ультраосновных-основных пород Фёдоровой тундры // Базит-гипербазитовый магматизм Кольского п-ва. Апатиты: изд-во КФ АН СССР, 1978. С. 84-96.

#### **Месторождение жильного кварца Перчатка: история освоения, геолого-минералогические особенности, новые подходы к оценке сырья**

Данилевская Л.А., Скамницкая Л.С.

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, danilevs@krc.karelia.ru.

#### **The Perchatka vein quartz deposit: the history of development, geological and mineralogical peculiarities, new approaches to the raw materials estimation**

Danilevskaya L.A., Skamnitskaya L.S.

*Приведены данные по истории освоения месторождения жильного кварца Перчатка (Кольский п-ов), дана краткая характеристика условий образования кварца, рассмотрены минералого-петрографические особенности разновидностей кварца. Проанализированы проблемы переработки кварцевого сырья месторождения в период его опытно-промышленной разработки в 1989-1992 гг. Предложены новые подходы к исследованию качества кварцевого сырья и возможностей его переработки, основанные на комплексной оценке месторождения с учётом современных требований промышленности.*

*The history of the development of the Perchatka vein quartz deposit (Kola Peninsula) and the summary of conditions of quartz occurrence are given. Mineralogical-petrographic features of quartz varieties are considered. The problems of the deposit quartz processing during its industrial development in 1989-1992 are analyzed. New approaches to the study of the quality of quartz material and its processing capabilities are suggested, being based on a comprehensive assessment of the deposit considering modern requirements of the industry.*

Месторождение жильного кварца Перчатка – одно из самых крупных на территории Карело-Кольского региона. Оно выявлено в 1955 г. при проведении поисково-съёмочных работ

масштаба 1:10000 на мусковит. В 1989-1992 гг. Кольской ГРП проводилась детальная разведка его западного фланга, подсчитаны запасы жильного кварца. Параллельно выполнена опытно-промышленная обработка западного фланга карьером [2]. Постоянным потребителем сырья было Саранское производственное объединение «Лисма». Кварц отвечал требованиям 3 сорта кварца для плавки прозрачного стекла по ТУ 41-07-0217-82. В 2001-2003 гг. ОАО «Центрально-Кольская экспедиция» провело оценочные работы в ЮВ части месторождения, подсчитаны прогнозные ресурсы. По единичным пробам крупка соответствует сорту КГО-1 (крупка глубоко обогащённая) по ТУ 5726-002-11496665-97 [3]. Проведены дополнительные технологические испытания кварца западного участка. Результаты показали принципиальную возможность получения концентрата сорта КГО-2 по ТУ 5726-002-11496665-97. В ходе плавки дообогащённой крупки ОАО «Лисма» получены кварцевые трубы из наплавленных блоков.

Месторождение Перчатка расположено в 12 км к западу от пос. Слюда в Ковдорском р-не. В геологическом отношении оно относится к Ёнскому кварцево-жильному полю (ЮЗ фланг одноимённого поля слудоносных пегматитов), расположенному в Риколатвинском комплексе тоналитогнейсов и ортоамфиболитов. Образование кварцево-жильной зоны связано с гнейсо-мигматитовым комплексом и интенсивным проявлением регионального метаморфизма амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций дистен-силлиманитовой серии при  $P = 240-620$  МПа и  $T = 630-720$  °С [2]. Месторождение приурочено к тектонической зоне СВ простирания. Вмещающие породы представлены биотитовыми, двуслюдяными, амфиболсодержащими, гранат-биотитовыми и дистен-гранатовыми гнейсами. В тектонической зоне также есть тела амфиболитов вытянутой и линзовидной формы, залегающие согласно с гнейсами и контактирующие с гнейсами и кварцевыми телами. Кварцево-жильная зона расчленена на 3 части: северо-восточную, представленную двумя согласными жилами (160 и 60 м по простиранию, 25 и 15 м мощностью); юго-восточную, сложенную шестью согласными жилами (от 70 до 260 м по простиранию, от 4 до 20 м по мощности); западную, представленную крупным согласно залегающим линзовидным телом (простирание 200 м мощность до 85 м). Морфология кварцевых жил осложнена ксенолитами амфиболитов и зонами интенсивного расщепления.

Важную роль в формировании жильного кварца сыграли тектонические процессы, проявившиеся в результате диафтореза и приведшие к грануляции первично гигантозернистого стекловидного кварца и последующей рекристаллизации с образованием зон гранулированного кварца. Жильный кварц представлен двумя разновидностями: крупнозернистым стекловидным и гранулированным.

Стекловидный кварц имеет крупно-гигантозернистую структуру. В крупных блоках наблюдается массивная текстура, в мелких кварц интенсивно расщеплён. Окраска белая, светло-серая, реже тёмно-дымчатая, прозрачность высокая. Под микроскопом границы зёрен кварца ровные, ступенчатые, реже заливчатые, в некоторых участках размытые, иногда наблюдаются микроблоки и зачатки микрогранул на границах зёрен (рис. 1). В зёрнах кварца отмечаются факелы и пластинки деформации, иногда интенсивно проявленные, а также деформационные изгибы, в основном приуроченные к трещинкам залечивания. Местами проявлена линейная и неправильная блочность, иногда с переходом в неясноблочную структуру. Для такого кварца характерны залеченные трещины, иногда системы пересекающихся трещин.

Гранулированный кварц имеет неравномернозернистую структуру: на фоне мелкозернистой основной массы выделяются более крупные прозрачные зёрна изометрической или вытянутой формы размером 0.2-15 мм. Количество крупных зёрен варьирует от 20 до 80 % жильной массы. Текстура массивная. По цвету отмечаются бесцветные, белые и светло-серые различия, между которыми наблюдается постепенный переход. Под микроскопом видно, что границы зёрен варьируют от ровных, ступенчатых, до слабо заливчатых. Погасание в различных зёрнах меняется: наблюдаются линейно- и неравномерно-блочная микроструктуры, местами переходящие в неясно-блочную, иногда проявлены интенсивные деформации вдоль границ зёрен. В некоторых зёрнах наблюдаются единичные деформационные изгибы, интенсивно проявленные пластинки деформации.

Кварц месторождения характеризуется низкой газонасыщенностью. Светопропускание в среднем составляет 65 %, в некоторых образцах – до 80-85 %. Газово-жидкие включения в основном распределены по трещинкам залечивания на границах зёрен кварца, образуют небольшие ореолы в местах регенерации вблизи границ зёрен, а также в участках дислокаций (деформационные изгибы и др., рис. 3). По составу включения варьируют от существенно газовых (первичные и первично-вторичные единичные включения округлой или огранённой формы) до жидко-газовых с различным процентным содержанием фаз (по трещинкам залечивания, в

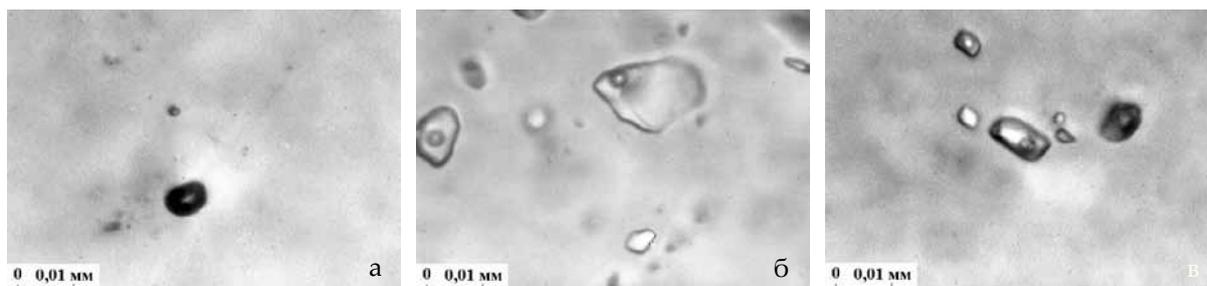


Рис. 1. Стекловидный кварц (николи ×): а – границы зёрен, б – микроблоки на границах зёрен, в – микроблокование, приуроченное к залеченным трещинам.

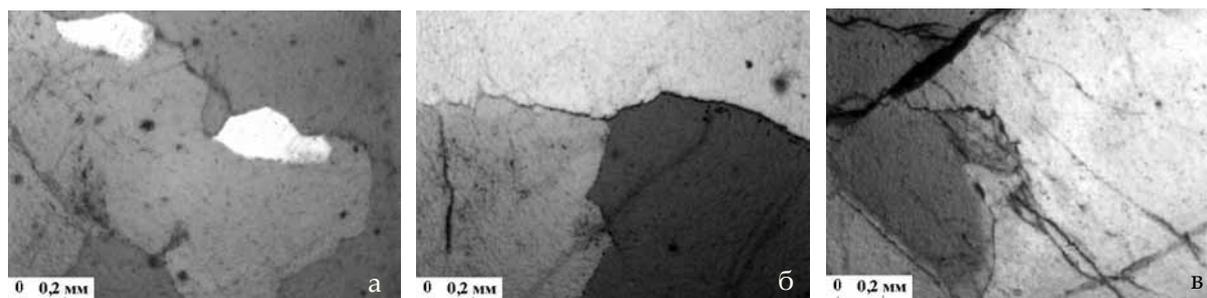


Рис. 2. Гранулированный кварц (николи ×): а – реликтовые участки стекловидного кварца с одинаковым погасанием, б – гранобластовая равновесная структура, в – пластинки деформации вдоль границ зёрен.

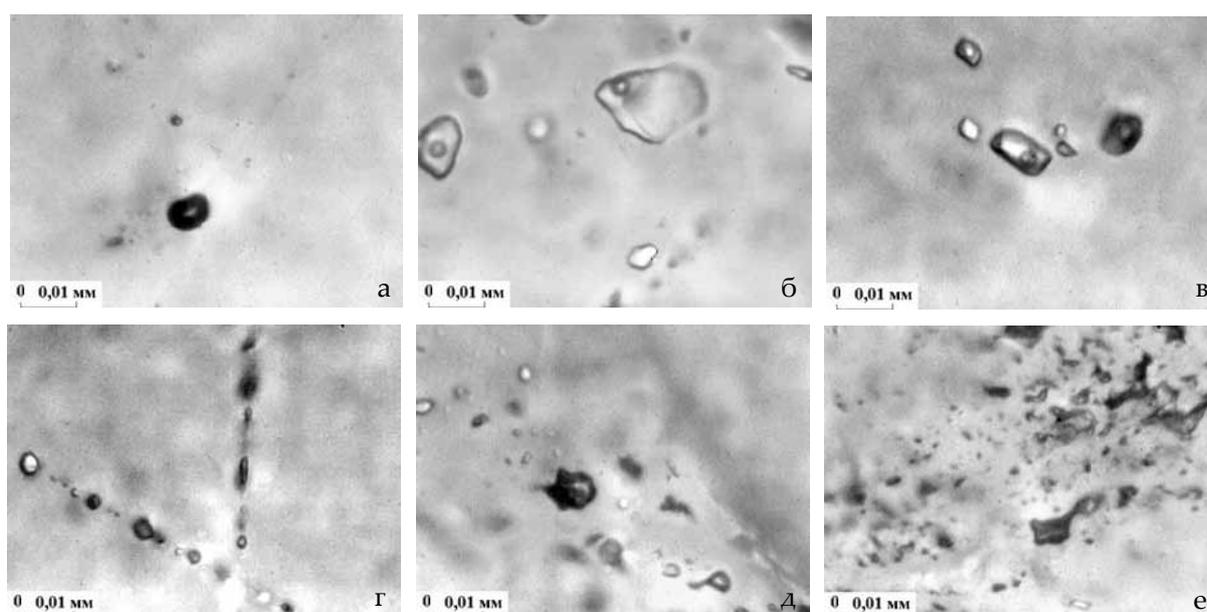


Рис. 3. Газово-жидкие включения в кварце (николи ||): а – существенно газовое включение в стекловидном кварце (вероятно, первичное), б, в – жидко-газовые включения с разным процентным содержанием газовой фазы, г – включения по трещинам залечивания, д – включения по зонам деформация (существенно газовые), возможно, с  $\text{CO}_2$ ), е – включения на границах зёрен (неясные по составу).

местах дислокаций, в местах регенерации зёрен вблизи границ). На границах зёрен газово-жидкие включения изометричные, извилистые, тёмные, неясные по составу.

Лабораторное обогащение проб кварца, отобранных в 2008 г. на разных участках месторождения Перчатка, проведено в Институте геологии КарНЦ РАН по единой схеме для стекловидного, гранулированного и сильно минерализованного кварца из зон трещиноватости. Кварц не проходил предварительной ручной сортировки. Анализы полученных концентратов по расширенному спектру примесей даны в табл. 2.

Таблица 1. Характеристика качества кварцевых концентратов по данным анализа 133 лабораторных проб.

Статистические параметры	Светопропускание, %	Массовая доля элементов-примесей, $n \cdot 10^{-4} \%$									
		Fe	Al	Ti	Ca	Mg	Cu	Mn	Na	K	Li
Мин.-макс.	29-83	0.1-38	7.6-83	0.16-4.2	0.14-34	0.1-12.6	0.06-0.19	0.06-0.8	3-57	1-66	0-5
Среднее	67	2.55	38.57	1.47	7.84	1.51	0.07	0.10	16.36	6.60	1.25

Примечание: анализы выполнены в лаборатории ВНИИСИМС, г. Александров [2].

Таблица 2. Содержание элементов-примесей (ppm) в кварцевых концентратах после предварительного обогащения из различных типов кварца месторождения Перчатка.

Номер пробы	Элементы-примеси																			Сумма
	Ti	Fe	Al	Zr	Mn	Ge	Cu	Zn	B	Ni	Cr	Ca	Sr	Ba	Mg	Na	K	Li	P	
<i>Белый полупрозрачный стекловидный кварц</i>																				
ПРЧ-1	3.5	3.2	73	0.036	0.15	0.54	0.029	0.06	0.38	0.04	0.01	32	0.55	0.26	2.4	30	5.4	2.2	0.01	153.77
ПРЧ-4	3.2	8.2	69	0.026	0.16	0.51	0.026	0.053	0.22	0.11	0.12	40	0.94	0.28	7	24	5.8	5.2	0.01	164.86
ПРЧ-8	3.3	1.4	116	0.07	0.14	0.54	0.011	0.025	0.41	0.021	0.01	42	0.84	1.6	1.1	17	84	2.6	0.01	271.08
<b>Сред</b>	<b>3.3</b>	<b>4.3</b>	<b>86</b>	<b>0.04</b>	<b>0.15</b>	<b>0.53</b>	<b>0.02</b>	<b>0.05</b>	<b>0.34</b>	<b>0.06</b>	<b>0.05</b>	<b>38</b>	<b>0.78</b>	<b>0.71</b>	<b>3.50</b>	<b>23.7</b>	<b>32</b>	<b>3.3</b>	<b>0.01</b>	<b>196.57</b>
<i>Белый гранулированный кварц</i>																				
ПРЧ-3	2.4	8.9	66	0.038	0.17	0.55	0.022	0.056	0.35	0.026	0.015	34	0.43	0.52	3	13	15	3	0.01	147.49
ПРЧ-10	3	0.65	122	0.017	0.03	0.6	0.014	0.029	0.43	0.02	0.01	19	0.6	0.86	0.55	62	16	2.8	0.01	228.62
ПРЧ-15	2.7	0.75	54	0.015	0.02	0.56	0.01	0.051	0.31	0.053	0.012	19	0.61	1.2	0.46	16	23	4.5	0.01	123.26
ПРЧ-16	2.4	4.1	216	0.022	0.09	0.53	0.037	0.038	0.37	0.04	0.01	43	1.7	0.57	3.6	100	10	6	0.01	388.52
ПРЧ-18	1.7	7.9	56	0.02	0.17	0.47	0.018	0.043	0.4	0.041	0.01	31	0.65	0.55	0.67	20	9	3	0.01	131.65
<b>Сред</b>	<b>2.4</b>	<b>4.5</b>	<b>103</b>	<b>0.02</b>	<b>0.10</b>	<b>0.54</b>	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>	<b>0.37</b>	<b>0.04</b>	<b>0.01</b>	<b>29.2</b>	<b>0.80</b>	<b>0.74</b>	<b>1.66</b>	<b>42.2</b>	<b>15</b>	<b>3.9</b>	<b>0.01</b>	<b>203.91</b>
<i>Белый стекловидный кварц из зоны трещиноватости</i>																				
ПРЧ-7	2.4	2.2	17	0.012	0.19	0.5	0.016	0.02	0.31	0.029	0.01	36	0.65	0.18	1.2	7.8	5.5	1.7	0.01	75.73
<i>Гранулированный, интенсивно минерализованный кварц</i>																				
ПРЧ-12	2.6	3.8	1027	0.057	0.25	0.9	0.035	0.091	0.49	0.087	0.01	200	5.1	1.6	1.7	420	49	4	0.01	1716.73
ПРЧ-13	3.4	2.2	283	0.041	0.06	0.55	0.019	0.15	0.34	0.074	0.01	46	1.9	1.7	1.1	180	62	5	0.01	587.55
ПРЧ-19	3.6	3.7	370	0.015	0.13	0.6	0.023	0.061	0.77	0.13	0.01	49	2.4	3.7	2.8	200	100	3	0.01	739.95
<b>Сред</b>	<b>3.2</b>	<b>3.2</b>	<b>560</b>	<b>0.038</b>	<b>0.15</b>	<b>0.68</b>	<b>0.03</b>	<b>0.1</b>	<b>0.53</b>	<b>0.097</b>	<b>0.01</b>	<b>98.3</b>	<b>3.13</b>	<b>2.33</b>	<b>1.9</b>	<b>267</b>	<b>70</b>	<b>4</b>	<b>0.01</b>	<b>1014.74</b>

Примечание: анализы методом ICP MS выполнены в Курчатовском институте, г. Москва.

Присутствие ксенолитов амфиболитов в жильной зоне, интенсивное развитие трещиноватости и минерализации по трещинам внутри кварцевых жил обусловило присутствие разнообразных минеральных примесей в кварцевых жилах. Основные из них – мусковит, плагиоклаз, К-полевоый шпат, эпидот, амфибол, кальцит. В подчинённом количестве присутствуют биотит, апатит, хлорит, кианит, сульфиды, рутил. Минерализация кварца развита неравномерно в пределах кварцевых жил, определённой закономерности не наблюдается. Сумма минеральных примесей варьирует по месторождению от знаковых значений до  $209 \times 10^{-3}$ , сумма элементов-примесей – от  $26.46 \times 10^{-4}$  до  $1396.3 \times 10^{-4}$  [2].

Основные проблемы переработки кварца месторождения связаны с неоднородностью сырья, из-за чего во время опытно-промышленной разработки в 1988-1992 гг. вводилась дополнительная операция по ручной рудоразборке (отбор кусков кварца без видимых минеральных примесей). Выход такого кварца на западном участке составлял около 30 %, в ЮВ и СВ частях – до 12 %. В результате основная масса жильного кварца уходила в отвалы. Таким образом, уже на первой стадии добычи потери жильной массы были велики. Но даже после ручной рудоразборки качество кварцевых концентратов сильно варьировало, что хорошо прослеживается по анализам обогащённого кварца из западного фланга месторождения (табл. 1). По числу определяемых элементов анализы сделаны в соответствии с требованиями действовавшего в то время ТУ 41-07-0217-82 для плавки кварцевого сырья. Наблюдаются значительные вариации по содер-

жанию отдельных примесей. Характерно повышенное содержание Al и Na, в то время как Ca, K, Mg, Fe и Ti значительно варьируют в разных пробах. Это может быть связано с присутствием в кварце минеральных примесей, не удалённых технологической переработкой. Только по отдельным пробам анализы соответствовали требованиям к сортовому кварцу по ТУ 41-07-0217-82 для плавки кварцевого сырья.

Неоднородность сырья, значительные потери при переработке (ручной рудоразборке), ужесточение требований к кварцевым концентратам повышенной чистоты, в т. ч. по спектру примесей, определяют необходимость переоценки сырья, поиска новых подходов к его оценке и переработке. В первую очередь, это комплексная оценка месторождения, включая минерализованные разности кварца, которую необходимо осуществлять с применением принципов технологической минералогии [1].

Наблюдаются значительные вариации Al, Na, Ca, K, причём Na и K имеют обратную зависимость. В пробах с повышенным содержанием Na, как правило, понижено содержание K. Видимо, это связано с вариациями содержаний плагиоклаза и K-полевого шпата. В то же время, Na и Ca имеют прямую зависимость, что обусловлено химическим составом самого плагиоклаза, а также развитием эпидота по зёрнам плагиоклаза. Постоянными, независимо от общей суммы примесей, остаются концентрации Ti и Li. Содержания Fe и Mg незначительно изменяются в зависимости от наличия мелких зёрен амфибола и флогопита внутри кварца. Важный положительный момент – стабильно низкие содержания P и V. Они строго регламентируются в кварцевых концентратах для производства поли- и монокристаллического кремния. В последние годы наметился устойчивый рост спроса на эти кварцевые продукты. Использование минерализованного кварца месторождения Перчатка в качестве сырья для производства поли- и монокристаллического кремния существенно расширит его инвестиционную привлекательность.

Для технологических исследований по глубокой очистке кварцевого сырья всех разновидностей, включая минерализованные, с целью определения возможности получения кварцевых концентратов на уровне мировых стандартов необходима комплексная оценка типоморфных

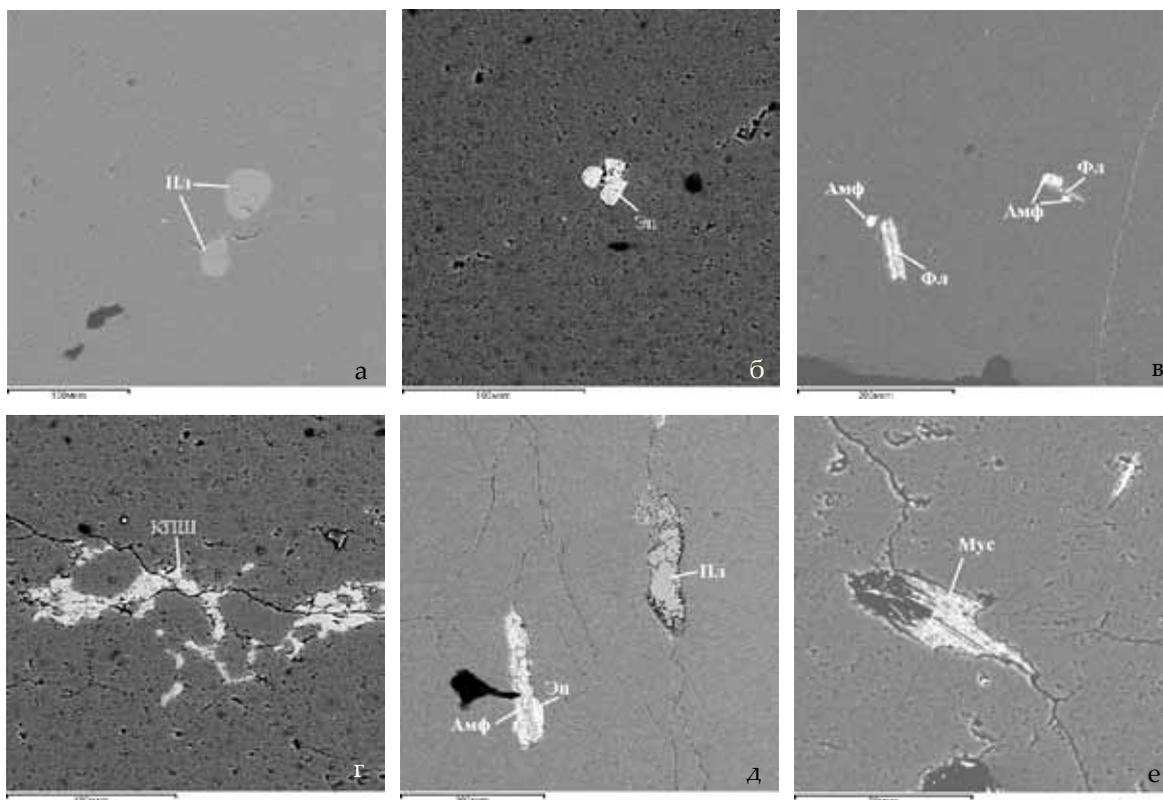


Рис. 4. Минеральные примеси в кварце: а – включения плагиоклаза 1-ой генерации внутри зёрен кварца, б – микровключения эпидота, в – микровключения амфибола и флогопита внутри зёрен кварца, г – развитие K-полевого шпата по границам зёрен кварца и трещинам, д – амфибол с вростками эпидота и изменённый плагиоклаз в межзерновом пространстве, е – мусковит в межзерновом пространстве.

особенностей сырья. В первую очередь, это формы вхождения микропримесей, в основном минеральных. Их исследование важно для определения обогатимости кварцевого сырья и подбора технологий обогащения. Исследования на сканирующем электронном микроскопе VEGA II LMU (с анализатором INCA Energy 350) показали, что основными примесями, затрудняющими обогащение, могут быть мелкие включения в зёрнах кварца: плагиоклаза 1-ой генерации (20-50 мкм, по составу близкого к олигоклазу № 30), эпидота (10-50 мкм), реже роговой обманки (20-30 мкм) и флогопита (50-100 мкм), реже К-полевого шпата и мусковита (рис. 4). Основная масса минеральных примесей распределена вдоль границ зёрен и по трещинам. Наиболее часто встречаются следующие примеси: К-полевого шпата в виде примазок по трещинам и границам зёрен кварца, иногда в сростаниях с эпидотом; плагиоклаз 2-ой генерации, более кислый по составу, часто изменённый, иногда альбитизированный. Внутри зёрен плагиоклаза наблюдаются включения эпидота, иногда вросстки К-полевого шпата, реже мусковита. Часто встречающейся примесью, особенно вблизи ксенолитов амфиболитов, является роговая обманка, иногда в сростании с эпидотом. Реже встречаются мусковит и хлорит. В качестве акцессорных минералов присутствуют апатит и монацит.

В целом, затрудняющие обогащение минеральные примеси близки по технологическим свойствам. Следовательно, возможно применение единой схемы обогащения для разных типов кварца. Совершенствование технологий обогащения кварцевого сырья месторождения Перчатка будет основано на типоморфных особенностях кварца. Выполненные минералогическая и петрографическая исследования кварца месторождения – начало нового этапа его изучения, основанного на комплексной оценке кварца как сырья многоцелевого назначения с учётом современных требований к кварцевым продуктам, востребованным на мировом рынке рядом наукоёмких отраслей промышленности.

#### Список литературы

1. Данилевская Л.А. Основные принципы технологической минералогии в применении к кварцевому сырью // Тр. VI Всерос. Фермановской науч. сессии. Апатиты: изд-во К & М, 2009. С. 252-256.
2. Смирнова В.А. Промышленная оценка западного фланга месторождения Перчатка на прозрачный жильный кварц. Отчёт Кольской партии по объекту Перчатка – западный фланг о результатах разведки, проведённой в 1989-92 гг. Санкт-Петербург, 1993.
3. Юрков Н.Я. Информационный отчёт о результатах поисковых работ масштаба 1:25000 – 1:5000 на кварцевое сырьё в пределах Ёнского кварцево-жильного поля в 2001-2003 гг. Мончегорск. 2003.

#### **Пространственные вариации анизотропии упругих свойств горных пород, современная геодинамика и поиск полезных ископаемых**

Ильченко В.Л.

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

#### **Space variations of anisotropy of rocks elastic properties, contemporary geodynamics and prospecting for minerals**

Il'chenko V.L.

*Текстурные особенности пород (гнейсовидность, сланцеватость, линейность, складчатость всех рангов и степеней и т.д.) являются продуктом реализации палеонапряжений. В равной мере это относится и к системам открытых (видимых невооружённым глазом) старых трещин на поверхности обнажений коренных пород. В соответствии с имеющимися данными о природе анизотропии упругих свойств пород и результатами многочисленных экспериментов [1-3], можно утверждать, что пространственное положение элементов упругой симметрии, определяемое акустополаризационным методом [4], обусловлено, главным образом, наличием и положением систем микротрещин в породе. Они (и, соответственно, элементы упругой симметрии) в большинстве случаев не совпадают с текстурами и макротрещинами пород [5]. Определяемое акустополарископией пространственное положение элементов (оси, плоскости) упругой симметрии является результатом воздействия на породы совре-*

менного поля напряжений (которое, впрочем, содержит некую совокупность остаточных, накопленных ранее и не проявленных, напряжений). Элементы упругой симметрии, определяющие положение в пространстве главной плоскости упругой симметрии в образце, отвечают пространственному положению наиболее развитой системы микротрещин и могут расцениваться как пути миграции флюидов. Приведённые сведения о пространственных вариациях анизотропии упругих свойств пород позволяют использовать их в исследованиях, направленных на создание новых методик для изучения современной геодинамики и поиска некоторых видов полезных ископаемых.

*Textural characteristics of rocks (gneissosity, schistosity, linearity, folding of all ranks and degrees, etc.) are the product of the palaeostress realization. Equally, this applies to systems of open old cracks (visible to the naked eye) on the surface of bedrock outcrops. In accordance with the available data on the nature of the anisotropy of the elastic properties of rocks and results of many experiments [1-3], it can be argued that the spatial position of elements of elastic symmetry, which is defined by acoustopolariscopic method [4], is stipulated mainly by the presence and position of microcrack systems in the rock. These (and, accordingly, elements of elastic symmetry) commonly do not coincide with textures and macrofissures of rocks [5]. The acoustopolariscopically-defined spatial position of elements of elastic symmetry (axis, planes) seems to result from the modern stress on rocks (which, actually, contains a set of residual, previously accumulated unrealized explicitly stresses). The elements of elastic symmetry (the main plane of elastic symmetry) in the sample correspond with the spatial position of systems of microcracks and can be regarded as migration paths of fluids. The above data on the spatial variations of the anisotropy of elastic properties of rocks may be applied in studies of modern geodynamics and mineral prospecting.*

**Введение.** В число изысканий, проводимых для обоснования пригодности площадей под строительство стратегически важных объектов с длительными сроками эксплуатации, входит тектоническое районирование с оценкой геодинамической ситуации в предназначенном под фундамент горном массиве. Существующие в массиве дефекты выявляются классическими методами инженерной геологии. Они учитывают последствия геодинамических событий, которые уже наложили отпечаток на свойства пород. Но геодинамическое событие, протекающее быстро и явно, предваряет длительная и незаметная подготовка. Всегда есть вероятность, что признаки медленно развивающихся в недрах массива деструктивных процессов, особенно на ранней стадии, могут остаться неучтёнными. Со временем они могут приводить к негативным последствиям. В частности, латентным деструктивным процессом является возникновение в породе незаметных под микроскопом систем микротрещин. Они способны непредсказуемо модифицировать упругие свойства пород, вызывая неожиданные эффекты, часто с катастрофическим финалом. Наиболее подходящим для изучения пространственных вариаций анизотропии упругих свойств горных пород является акустополаризационный метод [4]. Предметом данной работы являются физические свойства пород тоналит-грандземитовой (в т.ч. эклогитовой) ассоциации, выходящих на поверхность в р-не Роватоштрова, оз. Имандра, Кольский п-ов (рис. 1а, б). Известно, что метаморфогенные эклогиты служат индикаторами высокобарических изменений корового субстрата на субдукционно-коллизийных этапах формирования складчатых комплексов докембрия и фанерозоя. В связи со спецификой исследования важен следующий вывод из работы [6]: «Эклогиты участка Широкая Салма подверглись гранулитовому метаморфизму 2.72 млрд. лет назад синхронно с хорошо известным этапом гранулитового метаморфизма Беломорского пояса (2.73-2.71 млрд. лет). В эклогитах Узкой Салмы это событие практически не проявлено...»

**Методика исследования.** Для исследований отобрана коллекция ориентированных образцов из обнажений коренных пород Роватоштрова (рис. 1б). Его поверхность плохо обнажена. Коренные породы доступны, главным образом, в бортах дорожной выемки, основаниях некоторых опор ЛЭП, редко – в скальных обрывах и волноприбойной зоне.

Из образцов изготовлены кубики с длиной ребра 30-35 мм, которые изучили акустополаризационным методом. Прибор представляет собой источник и приёмник плоско поляризованных ультразвуковых волн. Между ними на поворотной платформе укрепляют исследуемый образец. Прибор позволяет фиксировать вариации амплитуды пропускаемых сигналов с заданным углом поворота (1-5-10°) по мере полного поворота образца. Измерения проводят сначала при скрещённых (положение ВС), затем при параллельных (положение ВП) векторах поляризации источника и приёмника. По результатам измерений строят круговые диаграммы – акустополариграммы, по которым определяют положения на гранях образца проекций элементов упругой симметрии. Направления элементов упругой симметрии находят путём проведения прямых линий через противоположные минимумы на акустополариграмме, снятой в положении ВС. Затем их переносят на поверхность образца. На этапе определения скоростей распространения поперечных волн плоскость поляризации источника и приёмника совмещают с элементом сим-

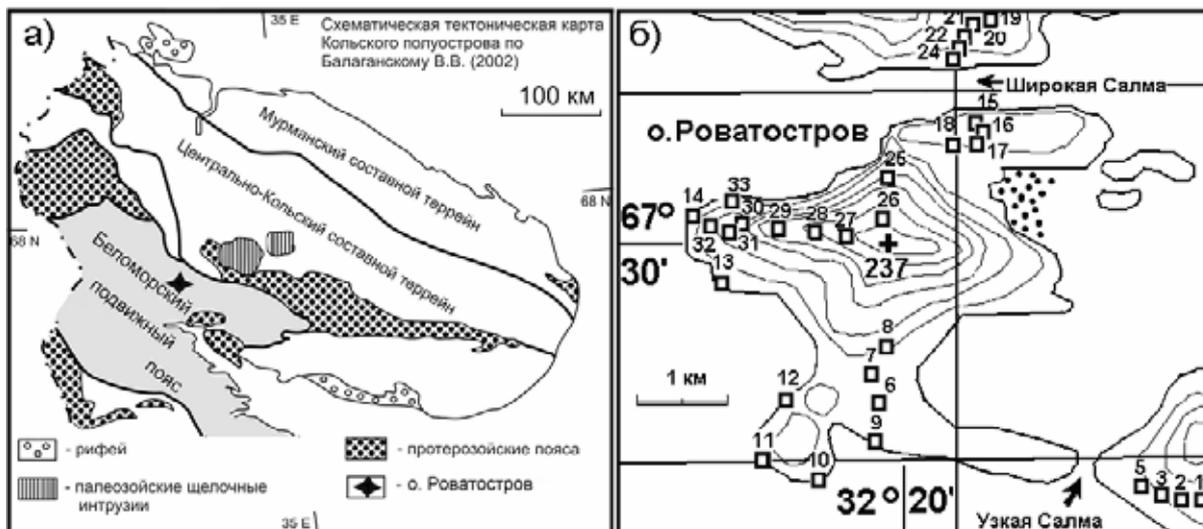


Рис. 1. Схемы: а) тектоническая Кольского п-ова [6], б) точек отбора образцов с поверхности в р-не о. Роватостров (горизонтали через 20 м).

метрии образца, в результате получают максимальное (обычно проводят два измерения – по числу проекций элементов симметрии на грани) значение скорости. Скорость распространения продольных волн не нуждается в совмещении с элементами симметрии и измеряется один раз в каждом направлении. Для удобства восприятия значения скоростей продольных ( $V_p$ ) и поперечных ( $V_s$ ) волн собирают в квазиматрицы скоростей  $V_{ij}$ :

$$V_{ij} = \begin{vmatrix} V_1 & V_2 & V_3 \\ V_2 & V_2 & V_3 \\ V_3 & V_3 & V_3 \end{vmatrix}, \text{ где}$$

$V_{11}$ ,  $V_{22}$  и  $V_{33}$  – скорости продольных колебаний в направлениях 1, 2 и 3, а остальные значения – скорости поперечных волн, где первый подстрочный индекс обозначает направление прозвучивания, второй – направление грани, в сторону которой «смотрит» элемент упругой симметрии. Величины показателя упругой анизотропии по поперечным волнам  $B$  определяют, используя квазиматрицы и формулы [7]:

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + B_3^2} \times 100\%, \text{ где}$$

$$B_1 = \frac{2(V_{12} - V_{13})}{V_{12} + V_{13}}, \quad B_2 = \frac{2(V_{21} - V_{23})}{V_{21} + V_{23}}, \quad B_3 = \frac{2(V_{31} - V_{32})}{V_{31} + V_{32}}$$

– коэффициенты двулучепреломления по граням 1, 2 и 3 образца. Коэффициент анизотропии скорости распространения продольных волн  $A_p$  рассчитывается по формуле:

$$A_p = \frac{1}{V_{cp}} \sqrt{(V_{11} - V_{cp})^2 + (V_{22} - V_{cp})^2 + (V_{33} - V_{cp})^2} \times 100\%, \text{ где}$$

$V_{cp} = (V_{11} + V_{22} + V_{33})/3$  – средняя скорость продольных волн в образце.

Главная плоскость упругой симметрии в образце определяется в соответствии с направлением, в котором скорость прохождения сдвиговых волн максимальна. Положение элементов упругой симметрии в породе из зон с пассивной геодинамикой, как правило, совпадает с элементами залегания и обусловлено её структурно-текстурными особенностями (одинаково ориентированные пластинки слюд или иных сильно анизотропных минералов). Пространственные ориентировки плоскостей упругой симметрии пород из активной геодинамической зоны обычно совпадают с наиболее развитыми системами микротрещин, которые возникают в результате действия современного поля напряжений [4].

**Геодинамический аспект.** Результаты исследования пространственных вариаций анизотропии упругих свойств пород с Роватострова сопоставлены с высотными (над уровнем моря) отметками отбора образцов. На этом основании сделаны выводы, позволяющие решать вопросы современной геодинамики:

1. Выделенные интервалы пород с показателями анизотропии упругих свойств  $>10\%$ , образцы которых отобраны с высотных отметок 120-130 м и свыше 200 м над уровнем моря, ограничивают снизу и сверху сравнительно низко анизотропный ( $<10\%$ ) промежуточный интервал 130-200 м (мощностью ~60-70 м) (рис. 2). Это соотношение позволяет считать верхнюю часть Роватострова фрагментом тектонической пластины.

2. Разная степень метаморфизма эклогитов Широкой и Узкой Салм может объясняться различиями в геодинамических обстановках (разным деструктивным влиянием на породу). Эклогиты Широкой Салмы возникли, по-видимому, в период последнего субдукционно-коллизийного геодинамического события и с тех пор не испытывали деструктивного воздействия, благодаря чему сохранили свою первичную упругую симметрию. Эклогиты Узкой Салмы, возникшие тогда же, локализованы в краевой части массива, которая испытала дополнительное деструктивное воздействие с расщеплением и флюидной переработкой [6], что привело к ретроградному метаморфизму.

3. Установлено «разбегание» величин анизотропии (А – растёт, В – уменьшается) в образцах по профилям. Это явление можно использовать при геодинамическом районировании как признак приближения к зонам развития деструктивных процессов.

4. Использование акустополаризационного метода может существенно упростить тектоническое районирование сложнодислоцированных метаморфических комплексов.

**Геолого-поисковый аспект.** Эта часть работы касается связи участков локализации поверхностных геохимических аномалий с пространственным положением плоскости упругой симметрии образцов пород из аномальных зон. Обычно источники аномалий далеки от земной поверхности. Каждый геоблок обладает индивидуальным напряжённо-деформированным

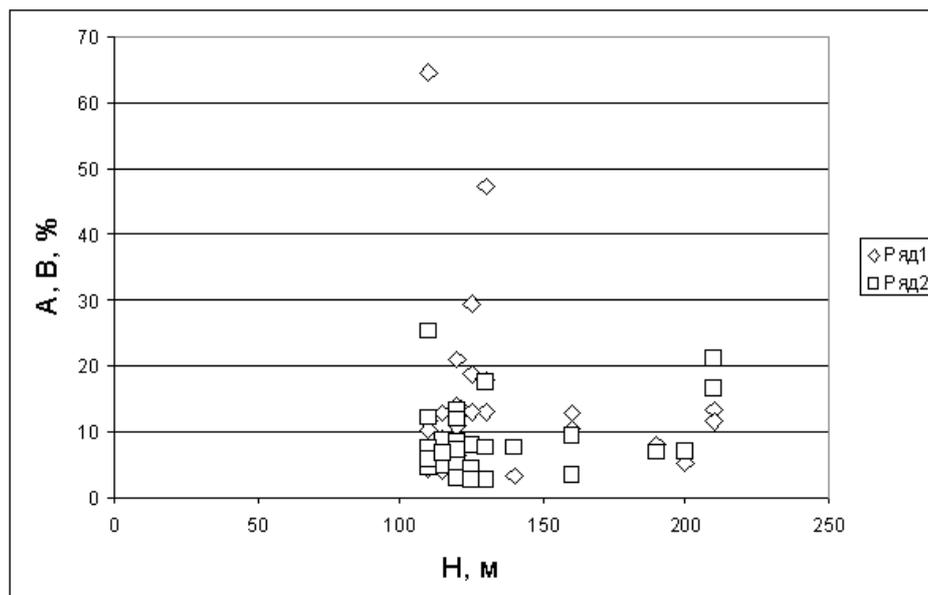


Рис. 2. Зависимость показателей анизотропии упругих свойств (А, В) от высоты Н над уровнем моря точек отбора образцов: А – ряд 1, В – ряд 2.

состоянием, которое определяет геометрию систем микротрещин. При этом пути миграции флюидов с повышенными концентрациями искомых элементов, создающих геохимические аномалии, оказываются приуроченными к системам микротрещин и, как правило, совпадают с направлениями падения породных элементов упругой симметрии, маркирующих проводящие зоны. В пределах геохимических аномалий на любом геологическом объекте можно обнаружить несколько проводящих зон. Вполне достаточно обнаружить две (лучше – больше) проводящие системы с различными элементами залегания главных плоскостей упругой симметрии. Проследивание этих плоскостей симметрии может дать на их пересечении искомый источник флюи-

дов, в результате миграции которых возникла аномалия на поверхности (идеальный вариант – месторождение, рис. 3).



Рис. 3. Схема поисковых акустополярископических работ: 1 – кубический образец с выявленным положением главной плоскости упругой симметрии (жирная линия), 2 – рельеф земной поверхности, 3 – выявленные геохимические аномалии (зоны разгрузки флюида), 4 – пути миграции флюида, 5 – источник флюида. Сетка из тонких пересекающихся линий – система микротрещин.

**Выводы.** В результате изучения пространственных вариаций упругих свойств горных пород в геологической среде обнаружены закономерности, которые могут быть положены в основу двух новых методик. Обе отличаются простотой исполнения, низкими трудозатратами и могут применяться в местностях с плохой обнажённостью.

1. Методика применения акустополярископии для определения современного геодинамического состояния горных массивов, предназначенных под строительство стратегически важных объектов с длительными сроками эксплуатации.

2. Методика применения акустополярископии для поиска глубинных источников поверхностных геохимических аномалий.

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

#### Список литературы

1. Ильченко В.Л. Природа упругой анизотропии керна Кольской сверхглубокой скважины. Автореф. дисс. уч. ст. канд. геол.-мин. наук. Санкт-Петербург. 2000. 16 с.
2. Горбачевич Ф.Ф., Ильченко В.Л. Влияние насыщения жидкостью микропор образцов анизотропных горных пород на их акустические свойства // Дефектоскопия. 1995. № 4. С. 6-15.
3. Горбачевич Ф.Ф., Ильченко В.Л. О взаимном влиянии элементов упругой симметрии и линейной анизотропии поглощения на распространение сдвиговых колебаний в анизотропном твердом теле // Дефектоскопия. 1997. № 5. С. 27-36.
4. Горбачевич Ф.Ф. Акустополярископия горных пород. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 1995. 204 с.
5. Воче-Ламбинский архейский геодинамический полигон Кольского п-ова. Апатиты: изд-во КФ АН СССР, 1991. С. 46-53.
6. Каулина Т.В., Япаскурт В.О., Конилов А.Н. и др. Метаморфическая эволюция архейских эклогитоподобных пород района проливов Широкой и Узкой Салмы, Кольский п-ов: геохимические особенности, состав включений и возраст циркона // Геохимия. 2010. В печати.
7. Горбачевич Ф.Ф., Головатая О.С., Ильченко В.Л. и др. Упругие свойства некоторых образцов пород по разрезу Кольской сверхглубокой скважины СГ-3, определённые при атмосферных условиях и условиях «in situ» // Физика Земли. 2002. № 7. С. 46-55.

## Рудные поля Хибинских месторождений

Каменев Е.А.

Мурманский государственный технический университет, Апатиты

## Ore fields of the Khibiny apatite deposits

Kamenev E.A.

*Апатитовые месторождения Хибин группируются в Юго-Восточном, Юго-Западном и Северо-Западном рудных полях, различающихся вещественной зональностью и анизотропией внутреннего строения.*

*Apatite deposits of the Khibiny mountains are grouped within the South-Western, South-Eastern and North-Western ore fields different by their substance zoning and inner anisotropy.*

Месторождения комплексных апатито-нефелиновых руд хибинского типа не имеют аналогов в мире. Они отличаются крупными размерами, своеобразием морфологии и внутренней структуры, необычными парагенезисами рудообразующих минералов и комплексным составом руд. Специфика Хибинских месторождений нашла отражение в ряде генетических схем, геолого-структурных и геолого-промышленных классификаций. В них апатитовые месторождения Хибин образуют самостоятельный тип. Ни одна из них не раскрывает различий в структуре и вещественной зональности месторождений, присущей им анизотропии внутреннего строения.

Известные в Хибинах месторождения апатита группируются в трёх рудных полях: Юго-Западном, Юго-Восточном и Северном. При их выделении, наряду с общепринятым критерием – пространственной совокупностью рудных залежей, объединённых общностью условий образования в конкретных геологических структурах – учтена возможность их совместного освоения одним или несколькими рудниками. В объёмной модели рудного поля как трёхмерного геологического пространства выделяются составные элементы (сверху вниз):

- фронтальная зона естественного выклинивания апатитовой минерализации, которая на Хибинских месторождениях частично или полностью уничтожена эрозией или отработана;
- центральная зона наибольшей концентрации оруденения объединяет все природные типы руд, чередующиеся в упорядоченной последовательности (зональность), частично затронутая эрозией (отработкой);
- корневая зона характеризуется постепенным снижением интенсивности оруденения с отчётливой тенденцией к выклиниванию по падению, фиксирующая сопряжённость рудных залежей с подводящим каналом.

Границы между структурными зонами для каждого рудного поля определяются по совокупности морфоструктурных признаков, присущих каждой зоне. Размещение апатитовых залежей в плане характеризуется двусторонней симметрией, осью которой является радиальная линия, проходящая через центральную часть Юго-Западного рудного поля. При сопоставлении месторождений восточной и северной ветвей обнаруживаются общие черты организации, что отражает вертикальную зональность, выражающуюся в закономерном размещении рудных тел в направлении от корневой зоне к фронтальной.

Объёмную модель, связывающую все известные, уничтоженные эрозией и прогнозируемые на глубоких горизонтах рудные залежи, можно представить в форме опрокинутого конуса, на поверхности которого вдоль основания прослеживаются структурные зоны различных морфологических типов. В направлении от корневой зоне к фронтальной размещаются сменяющие друг друга по вертикали структурные ярусы, различающиеся по морфологии, интенсивности оруденения и соотношению природных типов руд.

Корневым зонам (1-й ярус) соответствуют круто наклонные (50-60°), выклинивающиеся по падению рудные тела небольшой (до 25 м) мощности и с низким (10-25 %) содержанием апатита. Здесь преимущественно бедные вкрапленные руды, постепенно переходящие к вмещающим породам. Корневая зона полностью оконтурена в интервале гипсометрических уровней от -400 до +200 м.

Расположенный выше 2-й ярус характеризуется значительной горизонтальной (до 10-12 км) и вертикальной (1-1.5 км в плоскости падения) протяжённостью, большей мощностью (100-250 м), пологим залеганием верхнего (20-40°) и нижнего (10-20°) контактов, полным набором природных типов руд, их зональным размещением, широким развитием брекчиевых руд и чётко выраженной тенденцией к увеличению интенсивности оруденения, достигающего максимума на абсо-

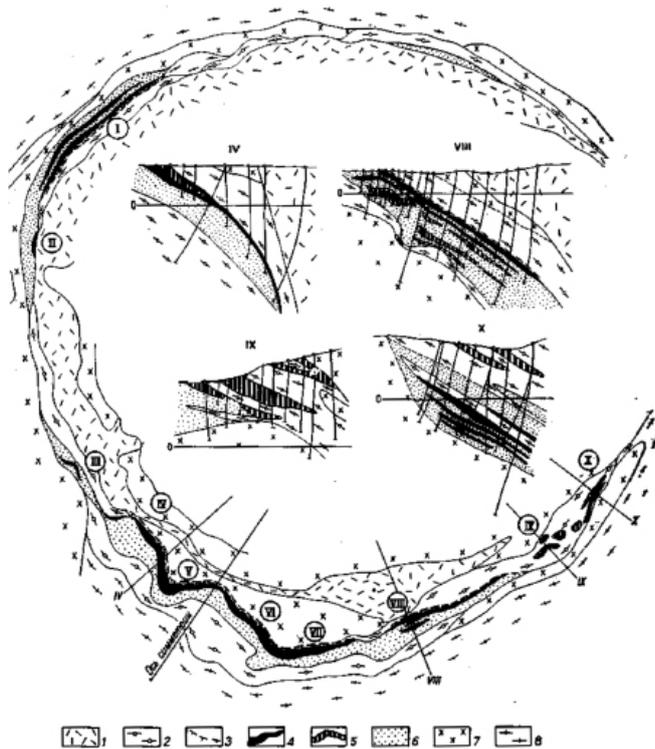


Рис. 1. Геологическая схема Хибинских месторождений и рудных полей [2]: Северное рудное поле (I – Партомчорр, II – Куэльпор, III – Снежный цирк); Юго-Западное рудное поле (IV – Кукисвумчорр, V – Юкспор, VI – Апатитовый цирк, VII – Расвумчорр); Юго-Восточное рудное поле (VIII – Коашва, IX – Ньоркпрах, X – Олений Ручей).

ми с оторочкой из рудной брекчия. Взаимное расположение рудных тел кулисообразное, причём только верхние является корневыми; остальные относятся к ореольным залежам среди уртитов.

Фронтальная зона (5-й ярус) представлена рудной брекчией Ньоркпахкского месторождения. Её выход на дневную поверхность приурочен к флангам продуктивной зоны, где выклиниваются её северная и южная ветви. Месторождение Ньоркпахк сложено четырьмя пластовыми залежами брекчиевых апатито-нефелиновых руд, сцементированных ийолитами.

На основании палеоструктурных реконструкций уничтоженных эрозией рудных ярусов можно оценить линейные параметры уплощённо-конической модели, связывающей все известные и предполагаемые на глубине месторождения и рудопроявления. На дневной поверхности протяжённость продуктивного комплекса по периметру составляет 60 км, её диаметр – 25 км. Отношение суммарной длины всех месторождений по отношению к периметру комплекса (линейный коэффициент рудоносности) приблизительно равно 1:2. Амплитуда гипсометрических уровней размещения рудных залежей охватывает широкий диапазон: от +1000 м (плато Расвумчорр) до -1250-1500 м (корневые зоны месторождений Эвеслогчорр и Коашва). Суммарная вертикальная протяжённость рудных ярусов должна рассчитываться не только по разнице гипсометрических отметок, но с учётом эродированных частей структуры на Юго-Западном рудном поле и масштабов прогнозируемого оруденения на глубоких горизонтах Юго-Восточного и Северного рудных полей. Эти данные могут служить основой для прогнозных оценок скрытого оруденения.

#### Список литературы

1. Атлас морфоструктур рудных полей. Л.: Недра, 1973. 164 с.
2. Каменев Е.А., Файзуллин Р.М. Геологическая модель месторождений апатит-нефелинового типа // Сов. геол. 1985. № 6. С. 34-39.

лутных отметках от +200 до +700-900 м. По сравнению с корневой зоной, мощность апатитовой залежи увеличивается здесь в 15-20 раз, а содержание  $P_2O_5$  в рудах – в 1.5-2.5 раза.

В направлении к фронтальной зоне (3-й ярус) апатитовая залежь на Юкспоре и плато Расвумчорр сокращается по мощности, а на месторождениях Кукисвумчорр и Апатитовый цирк она полностью уничтожена эрозией. В направлении к флангам отмечается постепенное выклинивание центральной зоны пятнистых, блоковых и линзовидно-полосчатых руд, их место в разрезе занимает рудная брекчия в апатитовых уртитах.

Прифронтальная часть (4-й ярус) представлена многоярусными рудными зонами на месторождениях Коашва (Юго-Восточное рудное поле) и Партомчорр (Северное рудное поле), в которых пластовые апатитовые залежи (рудные горизонты) переслаиваются с вмещающими породами (уртитам). Количество рудных залежей в многоярусных зонах мощностью до 200-400 м варьирует от трёх (Партомчорр) до четырёх-семи (Коашва). Их взаимоотношения с окружающими породами характеризуются плавными переходами, фиксируемыми околорудной апатитовой минерализацией, или резкими контактами

## О благороднометальной специализации гипербазитовых массивов Крака

Ковалёв С.Г.

Институт геологии Уфимского НЦ РАН, Уфа, kovalev@anrb.ru

## On the noble metal specialization of the Kraka hyperbasic massifs

Kovalev S.G.

*Приводятся материалы об Au-ЭПГ геохимической специализации пород гипербазитовых массивов Крака и содержаниях благородных металлов в хромитах, сульфидах и интерметаллидах. Сделан вывод о том, что специфика Au-ЭПГ минерализации обусловлена условиями формирования массивов.*

*Presented is the material on Au-PGE geochemical specialization of rocks hyperbasite arrays Krak and the content of noble metals in chromites, sulfides and intermetallic compounds. It is concluded that the specificity Au-PGE specialization is due to genetic conditions forming arrays.*

Гипербазитовые массивы Крака расположены в северной части Зилаирского мегасинклинария, Ю. Урал, и протягиваются с севера на юг более чем на 60 км. Их площадь свыше 800 км<sup>2</sup>. Хребет подразделяется на четыре крупных массива: Северный, Средний, Южный и Узьянский Крака (рис. 1), каждому присущи свои особенности геологического строения. На сегодня в пределах массивов известно свыше 200 мелких месторождений и рудопроявлений хромитов. Наши исследования хромитовой минерализации кракинских массивов позволили выделить 4 основных структурно-генетических типа объектов, приуроченных к 1) нерасчленённым лерцолит-гарцбургитам; 2) дунит-гарцбургитовому комплексу; 3) жильным дунитам; 4) краевым дунитам полосчатого комплекса [7]. Во всех выделяются три разновидности хромитовых руд: массивные, вкрапленные и такситовые (шлирово-такситовые, полосчатые).

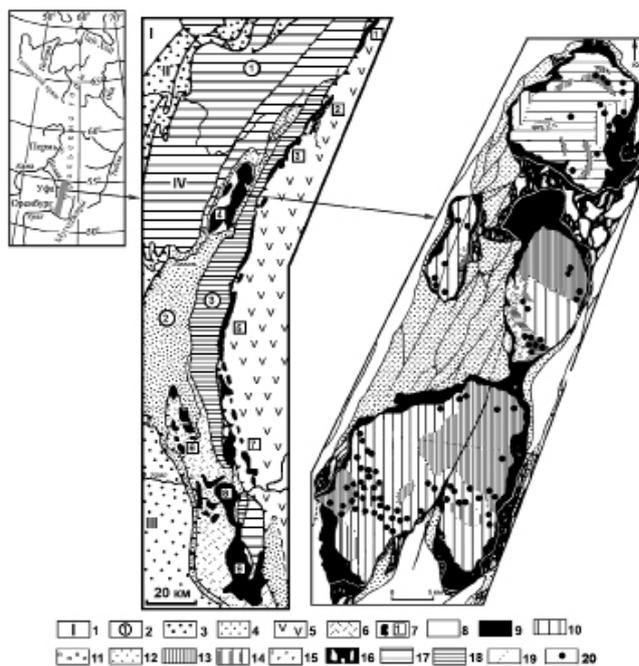


Рис. 1. Размещение массивов Крака и их геологическое строение [5, 12]. 1 – структуры 1-го порядка (I – Восточно-Европейская платформа, II – Предуральский прогиб, III – Западно-Уральская зона, IV – Центрально-Уральское поднятие); 2 – структуры 2-го порядка (1 – Башкирский антиклинорий, 2 – Зилаирский синклинорий, 3 – Уралтауский антиклинорий); 3 – флишевые отложения; 4 – граувакковые отложения; 5-6 – вулканогенно-осадочные отложения (5 – Вознесенско-Халиловской зоны, 6 – Сакмарской зоны); 7 – гипербазитовые массивы (1 – Нуралинский, 2 – Новобайрамгуловский, 3 – Миндякский, 4 – Крака, 5 – Сакмарская группа, 6 – Медногорская группа, 7 – Халиловский, 8 – Хабарнинский, 9 – Кемпирсайский); 8 – раннепалеозойские вулканогенно-осадочные толщи нерасчленённые; 9 – краевые серпентиниты; 10 – лерцолиты; 11 – лерцолит-гарцбургиты нерасчленённые; 12 – гарцбургиты; 13 – дунит-гарцбургиты; 14 – дуниты полосчатого комплекса; 15 – пироксениты; 16 – габбро; 17 – серпентинитовый меланж; 18 – хромитовые объекты.

Анализ материалов по вещественному составу руд показывает, что все они относятся к «смешанному» типу, т.е. в пределах массивов отсутствуют объекты, сложенные высокоглинозёмистыми и высокохромистыми разновидностями, что хорошо иллюстрируется диаграммой  $Al_2O_3 - Cr_2O_3$  (рис. 2). С долей условности можно говорить лишь о преобладающем количестве отдельных разновидностей хромшпинелидов и использовать при характеристике руд определения «высокохромистые» и «глинозёмистые». Акцессорные хромшпинелиды из гарцбургитов кракинских массивов попадают в поле шпинель-пироксеновой фации глубинности, что служит косвенным доказательством принадлежности массивов Крака к первичному субстрату верхней мантии, представленному шпинелевыми перидотитами.

Содержания ЭПГ в рудах сильно варьируют (табл. 1), но для них характерны определённые закономерности. Высокохромистые разновидности руд типичны для дунит-гарцбургитовой формации, т.е. для наиболее истощённых фрагментов океанической коры. Как правило, в них же повышены содержания тугоплавкой триады ЭПГ, т.к. она имеет «реститогенную» природу.

Сравнение содержаний Ir и Cr в рудах кракинских объектов и Кемпирсайского массива (рис. 3) показывает, что они группируются в обособленные поля. Кракинские руды характеризуются меньшим количеством Cr и Ir, что подчёркивает различия в процессах формирования массивов и хромитовых объектов в их пределах.

На диаграмме Pt – Pd – Ir+Os+Ru+Rh (рис. 4), по А.А. Маракушеву, тренд кракинских руд соответствует дунит-хромитовому (III) типу, характерному для массивов Платиноносного пояса Урала. При этом породы массивов Крака относятся к лерцолитовому типу офиолитовой ассоциации и проводить генетические параллели между процессами формирования этих формационных типов пород нет оснований. По мнению А.А. Маракушева, в хромитах III-го типа Pt концентрируется с Au из-за её высокой кислотности и растворимости в ультраосновных

Таблица 1. Средние содержания благородных металлов в хромитовых рудах массива Крака.

Элемент	Северный Крака (11)	Средний Крака (20)	Южный Крака (14)	Узьянский Крака (5)
Pt	$\frac{0.15}{0.17-0.19}$	$\frac{0.97}{0.1-5.19}$	$\frac{0.21}{0.06-0.98}$	$\frac{0.12}{0.08-0.20}$
Pd	$\frac{0.07}{0.05-0.1}$	$\frac{0.01}{0.01-0.02}$	$\frac{0.05}{0.0-0.19}$	$\frac{0.001}{0-0.006}$
Os	$\frac{0.010}{0.004-0.018}$	$\frac{0.051}{0.006-0.121}$	$\frac{0.029}{0.007-0.22}$	$\frac{0.01}{0.004-0.019}$
Ir	$\frac{0.020}{0.013-0.035}$	$\frac{0.041}{0.006-0.140}$	$\frac{0.017}{0.002-0.105}$	$\frac{0.014}{0.004-0.021}$
Ru	$\frac{0.024}{0.004-0.049}$	$\frac{0.079}{0.022-0.225}$	$\frac{0.027}{0.005-0.104}$	$\frac{0.013}{0.004-0.028}$
Au	–	$\frac{0.33}{0.06-1.29}$	$\frac{0.24}{0.15-0.51}$	$\frac{0.48}{0.09-1.01}$
Ag	–	$\frac{1.15}{0.27-3.88}$	$\frac{0.75}{0.08-7.0}$	$\frac{1.09}{0.36-2.40}$

Примечание: Определения выполнены атомно-абсорбционным и кинетическим методами, аналитик Т.В. Пучкова (ЦНИГРИ) по [7]. В скобках – количество анализов; в числителе среднее, в знаменателе – разброс значений.

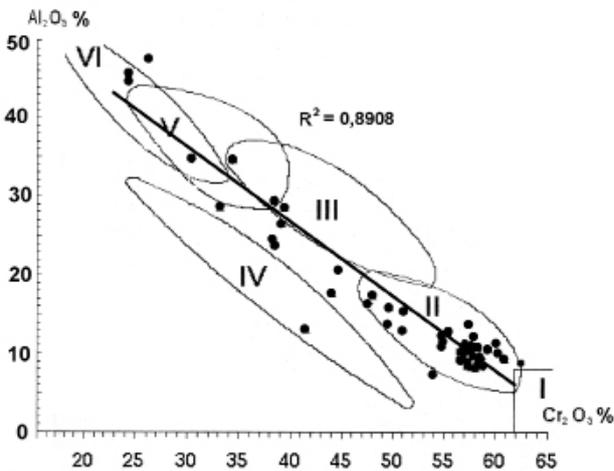


Рис. 2. Диаграмма  $Al_2O_3$ - $Cr_2O_3$  и тренд изменения содержаний компонентов в хромшпинелидах в зависимости от глубины формирования вмещающих пород [13]. I-VI – поля фаций и субфаций глубинности: I – алмаз-хромпироповое; II – коэситовое; III – гроспидитовое; IV – катаклазированных дунитов; V – шпинель-пироповое; VI – шпинель-пироксеновое.

расплавах. Это способствует образованию собственно Pt месторождений III-го типа, принципиально отличных от Os-Ir дунитов офиолитовых поясов [11]. Согласно [2], большинство благородных металлов имеет склонность к образованию в силикатных расплавах металлических микровключений субмикронного размера. В англоязычной литературе за этим явлением закрепился термин «nuggets problem». При экспериментальном изучении распределения ЭПГ между хромитом, оливином, силикатным и сульфидным расплавами, а также водно-хлоридным флюидом обнаружено, что из всех породообразующих минералов самый эффективный концентратор ЭПГ – хромит. Магматический флюид обладает исключительно высокими транспортными свойствами в отношении ЭПГ, растворимость Pt в нём возрастает от 50 мг/кг при  $T = 1350^\circ\text{C}$  до 750 мг/кг при  $T = 1100^\circ\text{C}$ . Интенсивнее всего из силикатов мобилизуются Ir и Pt, из хромитов – Pd и Au [3].

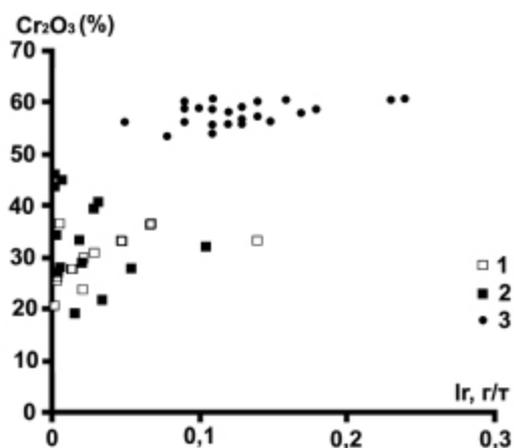


Рис. 3. Диаграмма  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  - Ir для руд Кемпирсайского массива [4] и массивов Крака: 1 – из полосчатого комплекса массива Средний Крака; 2 – из гипербазитов массивов Крака; 3 – из Кемпирсайского массива.

Для руд кракинских массивов характерны содержания Au, превышающие мантийное на два порядка [9]. Подтверждением тому служат находки самородного Au в породах полосчатого комплекса массива Средний Крака и в надрудных гарцбургитах месторождения Б. Башарт в дунит-гарцбургитовом комплексе массива Ю. Крака. Химический состав (в %: Au 89.21-89.55; Ag 7.08-8.06; Cu 1.06-3.03; Pd 0.54-0.85; Pt - сл.) не позволяет предполагать заимствование металла из вмещающих пород [9]. Специализацию кракинских хромитовых руд можно определить как Au-Pt с переменным количеством Pd (рис. 4).

Благороднометалльная специализация массивов не ограничивается ЭПГ и Au в хромитах. При детальном исследовании рудовмещающих пород и хромитовых руд обнаружены многочисленные сульфиды и металлические сплавы, большая часть которых принадлежит к системе Fe-Ni-S [8]. На растровом сканирующем микроскопе установлены: пентландит, миллерит, хизлевудит, аварунит, Fe-Ni-(±Co, S) сплавы переменного состава, пирит.

Пентландит  $(\text{Ni, Fe (Co, Cu)})_8\text{S}_8$  – наиболее часто встречаемый в рудах и вмещающих породах сульфид, образующий трещиноватые, неправильной формы выделения с размерами  $n \times 10^1$  –  $n \times 10^3$  мм (рис. 5). Его количество варьирует от единичных зёрен до долей %. Часто в ассоциации с миллеритом и хизлевудитом, иногда образует сростки с магнетитом и аварунитом. В его составе наблюдается широкий изоморфизм Fe и Ni, что позволяет выделять разновидности. В одном случае встречен Cu-содержащий сульфид с нестехиометричным составом (табл. 2).

Миллерит NiS обнаружен в рудах полосчатого комплекса массива Средний Крака и месторождения Б. Башарт (Ю. Крака). Форма выделений чаще всего удлинённая, игольчатая

Приведённые материалы служат хорошей основой для интерпретации полученных нами содержаний благородных металлов в хромшпинелидах рудных объектов в пределах массивов Крака. В них установлены (в %): Pt (0.43-1.24), Pd (0.29), Rh (0.32-0.36), Ir (0.7-1.33), Au (0.56-0.94), часто значимые содержания ЭПГ фиксируются в ассоциации с повышенными количествами Ni, Cu и S. Эта закономерность, вероятно, свидетельствует о том, что ЭПГ не являются изоморфной примесью в кристаллической решётке хромшпинелидов, а образуют собственные минеральные формы (самородные, интерметаллические, сульфидные) в виде эмульсионных выделений, размеры которых находятся на пределе разрешающей способности метода.

Для руд кракинских массивов характерны содержания Au, превышающие мантийное на два порядка [9]. Подтверждением тому служат находки самородного Au в породах полосчатого комплекса массива Средний Крака и в надрудных гарцбургитах месторождения Б. Башарт в дунит-гарцбургитовом комплексе массива Ю. Крака. Химический состав (в %: Au 89.21-89.55; Ag 7.08-8.06; Cu 1.06-3.03; Pd 0.54-0.85; Pt - сл.) не позволяет предполагать заимствование металла из вмещающих пород [9]. Специализацию кракинских хромитовых руд можно определить как Au-Pt с переменным количеством Pd (рис. 4).

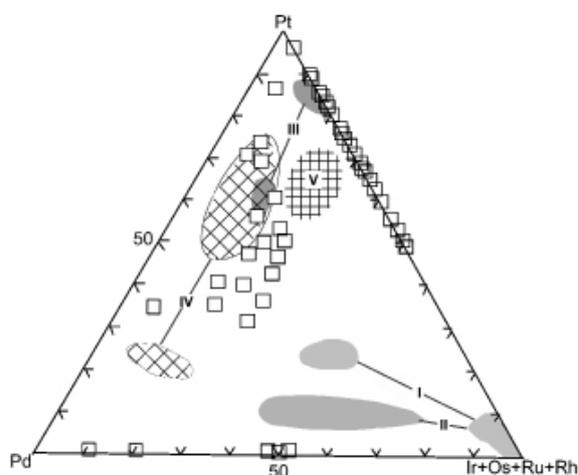


Рис. 4. Генетические типы гипербазитов, хромитовых и сульфидных руд, различающиеся по парагенезисам ЭПГ [11]. I-III – дунит-хромитовые типы (I – Ru-Ir-Os, Кемпирсай, II – Pd-Os, Гули, III – Pt, Платиноносный пояс Урала, Кондёр); незалитые квадраты – хромитовые объекты массивов Крака.

(рис. 5а), встречается в ксеноморфных зернистых массах размером от  $n \times 10^{-2}$  до  $n \times 10^{-3}$  мм в ассоциации с пентландитом, по которому иногда образует каймы обрастания и замещения.

Хизлевудит  $Ni_3S_2$  встречен в породах полосчатого комплекса массива Средний Крака и гарцбургитах массива Ю. Крака (рис. 5а) в зёрнах неправильной формы с размерами индивидов от  $n \times 10^{-2}$  до  $n \times 10^{-3}$  мм в ассоциации с миллеритом и пентландитом.

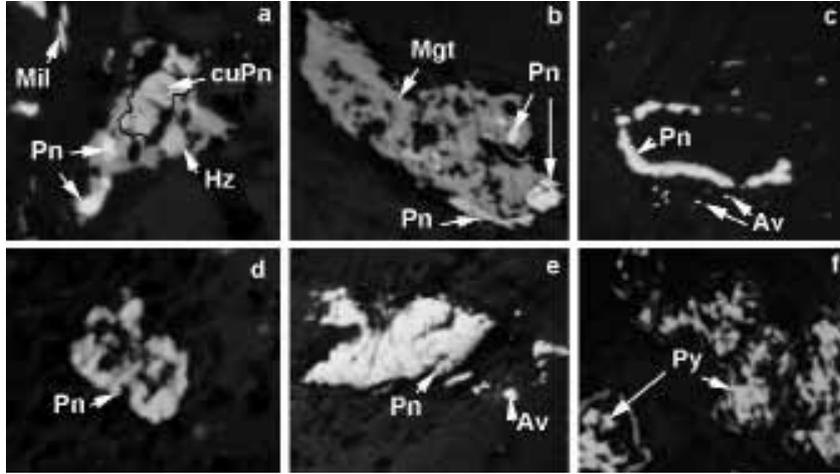


Рис. 5. Минералы системы Fe-Ni-S из пород и руд массивов Крака: Pn – пентландит, CuPn – медьсодержащий пентландит (?), Mil – миллерит, Hz – хизлевудит, Av – аваруит, Py – пирит, Mgt – магнетит.

Таблица 2. Химические составы минералов системы Fe-Ni-S из пород и руд массивов Крака (ат. %).

Минерал	Av	Fe-Ni	Av	Pn	Mil	Hz	Mil	niPn	ni-cuPn?
Fe	26.51	46.05	28.92	25.23	2.9	0.53	0.53	19.87	19.97
Ni	72.48	53.77	70.37	28.9	48.37	58.74	50.88	36.67	52.4
S	0.14	-	-	45.15	47.52	40.4	48.39	42.54	18.32
Co	-	-	0.32	0.33	-	-	-	-	-
Ti	-	0.18	-	-	-	-	-	-	-
Pd	-	-	-	0.39	-	-	0.2	-	-
Ir	0.42	-	-	-	0.28	0.33	-	0.31	-
Au	-	-	-	-	0.25	-	-	-	-
Cu	0.45	-	0.39	-	0.68	-	-	0.61	9.31
Минерал	fePn	Av	niPn	Av	Pn	Av	Pn	Av	Hz
Fe	35.25	26.07	18.64	25.59	26.6	27.29	26.72	24.84	1.331
Ni	18.79	73.72	33.78	69.8	25.25	71.39	24.97	73.79	56.85
S	45.03	0.21	46.97	2.05	47.29	0.09	46.71	-	40.674
Co	-	-	-	2.11	0.57	1.0	0.89	0.71	-
Ti	0.132	-	-	-	-	-	-	-	-
Pt	-	-	0.24	-	-	-	0.42	0.47	-
Ir	-	-	-	-	-	-	0.24	-	0.274
Au	-	-	-	-	0.29	0.23	-	-	0.265
Ag	0.138	-	-	-	-	-	0.05	0.19	-
Cu	0.66	-	0.37	0.45	-	-	-	-	0.606

Примечание: Определения выполнены на растровом сканирующем микроскопе JSM-840 с приставкой «Link» при напряжении 20 кВ и времени накопления 50 сек. в Институте сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа. Обозначения – рис. 5.

Аваруит  $Ni_{3-5}Fe_{2-1}$  встречается часто (рис. 5 с, е) во вмещающих породах и рудах в виде мелкой (до 0.01 мм) обильной сыпи. Иногда фиксируются кристаллы со слабой огранкой, а также агрегаты неправильной формы, сростки (структуры распада?) с пентландитом, магнетитом и Fe-Ni сплавом переменного состава. Из примесей установлены: Cu, Co, S, Pt, Ir, Au и Ag.

Пирит  $FeS_2$  встречается в апогаббровых метасоматитах полосчатого комплекса массива Средний Крака, хромитовых рудах и рудовмещающих породах месторождений Б. Башарт и Усадебное. В обоих случаях он образует хорошо огранённые кристаллы или зернистые массы размером до 3 мм (рис. 5f). В пирите из метасоматитов в качестве примесей зафиксированы Cr и Cu. Практически во всех случаях кристаллы окружены бурой рубашкой, содержащей > 90 %

атомарного Fe с примесями S, Cu и Pt. В пиритах из руд и рудовмещающих пород Б. Башарт и Усадебное установлены (вес. %): Ni (до 0.27), Te (до 0.3), Ag (0.26-0.32) и Au (до 2.21).

Сравнительный анализ составов минералов системы Fe-Ni-S из пород и руд кракинских массивов с аналогичными данными по другим гипербазитовым комплексам различной формационной принадлежности показал, что они в целом близки, но различаются по минеральным ассоциациям и времени их выделения. Так, в породах Полярного Урала ранняя ассоциация представлена  $Tr+(fe)Pn+Pn$ , а поздняя –  $Pu+Pn+Hz+Mil$  с промежуточными соединениями типа железистого миллерита [10]. В породах и рудах массивов Крака при наличии ассоциации  $Pu+(fe, ni)Pn+Hz+Mil+Av$  присутствуют также неидентифицированные Fe-Ni соединения и мало-сернистые существенно никелевые минералы типа никелистого пентландита. При этом наиболее разнообразны по составу ассоциации минералов из полосчатого комплекса. В целом минералы из массивов Крака отличаются повышенной никелистостью сульфидов и наличием значительного числа Fe-Ni соединений. Присутствие в породах и рудах кракинских объектов, с одной стороны, высокотемпературных железистых пентландитов, с другой – миллерита, хизлевудита и пирита, которые относятся к относительно низкотемпературной «вторичной» ассоциации, позволяет говорить о двух типах сульфидной минерализации. Условно их можно назвать «раннемагматической» и «постгенетической». Переход от первой ко второй характеризуется перераспределением минералообразующих элементов с образованием новых минеральных видов и соединений.

В настоящее время существуют две версии образования пентландита: 1) по перитектической реакции с участием расплава [15]; 2) в результате твёрдофазной реакции [14]. На фазовых диаграммах кракинские пентландиты попадают в поля  $(Fe, Ni)S_2+(Ni, Fe)S_2+mss$  и  $(Ni, Fe)S_2+mss$ , что предполагает совместное существование фазы  $(Ni, Fe)S_2$  и моносульфидного твёрдого раствора. На наш взгляд, реальные пентландиты и соединения  $(Ni, Fe)(\pm Cu)(\pm Co)_n$  нестехиометричного состава являются результатом распада твёрдого раствора, что не исключает существования сульфидного расплава на высокотемпературных этапах формирования ультраосновных массивов. Последующая серпентинизация гипербазитов, вероятно, реализовывалась при низких отношениях W/R (вода/порода) и привела к образованию различных Fe-Ni соединений с преобладанием Ni ввиду его меньшего сродства к кислороду по сравнению с Fe [1, 16].

Таким образом, своеобразие благороднометалльной геохимической специализации массивов Крака обусловлено их условиями образования. Формирование в условиях перехода континентального рифтогенеза в океанический в рифтогенной палеоструктуре [6] не сопровождалось массовым выплавлением базальтов и образованием океанической коры зрелого типа. Слабая деплетированность массивов выразилась в отсутствии хромитовых объектов, сложенных высокохромистыми хромшпинелидами, и привела к образованию благороднометалльной минерализации «смешанного типа». В ней отсутствует высокотемпературная реститогенная Os-Ir-Ru специализация в «чистом» виде, Pt и Au являются «сквозными» элементами в сульфидах, интерметаллидах и окисно-рудных минералах как «раннемагматической», так и «постгенетической» стадий.

#### Список литературы

1. Базылев Б.А. Развитие аваруитсодержащей минеральной ассоциации в перидотитах из зоны разлома 15o20' (Атлантический океан) как одно из проявлений океанического метаморфизма // Рос. журнал наук о Земле. 2000. Т. 2. № 3.
2. Борисов А.А. Растворимость благородных металлов в силикатных расплавах: экспериментальные исследования и космохимические следствия. Автореф. дис. Уч. ст. д.г.-м.н. М., 2001. 44 с.
3. Горбачёв Н.С., Бругманн Г., Надретт А.Дж. Фракционирование платиновых металлов и золота во флюидосодержащих окисно-силикатно-сульфидных системах в магматических процессах (по экспериментальным данным) // Геология и генезис месторождений платиновых металлов. М.: ИГЕМ РАН, 1992. С. 111.
4. Дистлер В.В., Крячко В.В., Юдовская М.А. Условия образования оруденения платиновых металлов в хромитовых рудах Кемпирсайского рудного поля // Геология рудных месторождений. 2003. Т. 45. № 1. С. 44-74.
5. Казанцева Т.Т. Аллохтонные структуры и формирование земной коры Урала. М.: Наука, 1987. 158 с.
6. Ковалёв С.Г. Петрогенезис гипербазитов и геодинамические аспекты их формирования в палеозойской истории Ю. Урала // Офиолиты: геология, петрология, металлогения и геодинамика. Матер. межд. науч. конф. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2006. С. 104-106.

7. Ковалёв С.Г., Салихов Д.Н. Полезные ископаемые республики Башкортостан (хромитовые руды). Уфа: изд-во «Экология», 2000. 207 с.
8. Ковалёв С.Г., Сначёв В.И. Гипербазитовые массивы Крака (геология, петрология, металлогения). Уфа: изд-во «Экология», 1998. 104 с.
9. Ковалёв С.Г., Черников А.В., Бурдаков А.В. Первая находка самородного золота в хромитах массивов Крака // Докл. АН. 2007. Т. 414. № 3.
10. Макеев А.Б. Минералогия альпинотипных ультрабазитов Урала. СПб.: Наука, 1992. 197 с.
11. Маракушев А.А., Панях Н.А., Зотов И.А. Специализация ультрабазитов и связанных с ними хромитовых и сульфидных руд на металлы группы платины // Докл. РАН. 2001. Т. 379. № 4. С. 537-543.
12. Савельева Г.Н. Габбро-ультрабазитовые комплексы офиолитов Урала и их аналоги в современной океанической коре. Тр. ГИН АН СССР. Вып. 404. М.: Наука, 1987. 246 с.
13. Соболев В.С., Соболев Н.В. О хrome и хромсодержащих минералах в глубинных ксенолитах кимберлитовых трубок // Геология рудных месторождений. 1967. № 2. С. 18-37.
14. Kullerud G. The Fe-Ni-S system // Carnegie Institute. Washington Year Book. 1962. P 175-189.
15. Misra K.S., Fleet M.E. The chemical composition of synthetic and natural pentlandite assemblages // Econ. Geol. 1973. V 68. P 518-539.
16. O'Neill H.S.C., Wall V.J. The olivine-orthopyroxene-spinel oxygen geobarometer, the nickel precipitation curve, and the oxygen fugacity of the Earth's upper mantle // J. Petrol. 1987. V 28. P 1169-1191.

### **Рассеянная благороднометалльная минерализация Ковдорского массива**

Коноплева Н.Г.<sup>1</sup>, Пахомовский Я.А.<sup>1,2</sup>, Базай А.В.<sup>2</sup>, Калашников А.О.<sup>2</sup>,  
Корчак Ю.А.<sup>2</sup>, Яковенчук В.Н.<sup>1,2</sup>, Иванюк Г.Ю.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Центр наноматериаловедения КНЦ РАН

<sup>2</sup> Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, ivanyuk@geoksc.apatity.ru

### **Disseminated noble metal mineralization of the Kovdor massif**

Konopleva N.G., Pakhomovsky Ya.A., Bazay A.V., Kalashnikov A.O., Korchak Yu.A.,  
Yakovenchuk V.N., Ivanyuk G.Yu.

*При изучении минеральной зональности Ковдорского комплексного месторождения магнетита, апатита и бадделеита в нефелинизированных пироксенитах и апатит-форстерит-магнетитовых породах обнаружена рассеянная ЭПГ и Au-Ag минерализация, представленная мончеитом, гесситом, петцитом, аргентопентландитом, самородным Ag, акантитом и фазой состава AgPd(Te, Sb).*

*The study of mineral zonality of the Kovdor complex deposit of magnetite, apatite and baddeleite in the nephelitized pyroxenites and apatite-forsterite-magnetite rocks revealed a disseminated PGE and Au-Ag mineralization. The latter is represented by moncheite, hessite, petzite, Ag-pentlandite, native Ag, acanthite and a compound of AgPd(Te, Sb) composition.*

Ковдорский массив ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов представляет собой многофазную интрузию центрального типа, прорвавшую верхнеархейские гнейсы и гранито-гнейсы. Возраст массива по данным Rb-Sr, Th-Pb и U-Pb изотопии составляет 360-380 млн. лет [2, 6-8]. Массив имеет отчетливое кольцевое строение, выраженное тремя последовательно сменяющимися друг друга по направлению от центра к периферии зонами. Древнейшие интрузивные породы – оливиниты, слагающие ядро площадью ~8 км<sup>2</sup>. Краевую зону слагают щелочные породы – ийолиты и турьяиты. Их внедрение по контакту оливинитов с гнейсами сопровождалось активным метасоматическим изменением тех и других. В результате гнейсы превратились в щелочные фениты, оливиниты – в пироксениты с большим или меньшим количеством флогопита (вплоть до его преобладания), мелилитовые и монтичеллитовые метасоматиты. В западной части, по контакту интрузий оливинитов и фойдолитов, массив прорван концентрически-зональным штоком (магнетито)-апатито-форстеритовых (внешняя зона) и магнетито-карбонатных (центральная зона) пород, составляющих Железорудный комплекс, к которому приурочен штокверк доломитовых карбонатитов, дайки пикритов и многочисленные трубки взрыва с разнообразными брекчиями [3]. Из комплексных руд Ковдорского железорудного месторождения получают магнетитовый, апатитовый и бадделеитовый концентраты.

Наиболее близко к Ковдорскому массиву по геологическому строению месторождение Люлекоп (Палабора, ЮАР), где кроме магнетитового, апатитового, бадделеитового концентратов и Cu из сульфидного концентрата с 1968 г. электролитической очисткой анодной меди извлекаются Au, Ag и ЭПГ [4, 5]. В Ковдорском массиве благороднометалльная минерализация описана в [5], затем в [3] при изучении продуктов обогащения сульфидсодержащих руд и включает: аргентопентландит, арсенопалладинит, атоцит, брэггит, гессит, звягинцевит, изомертиит, изоферроплатину, инсизваит, куперит, мертиит-I и II, мончеит, паоловит, плюмбопалладинит, рустенбургит, самородные Pt, Au и Ag, сперрилит, соболевскит, штумпфлит, электрум и фазу состава  $(Pd, Ag)_2(Te, Pb, Sb, Sn)$ . Ни сам набор минералов, ни состав вростков в них не позволяют связать их с определёнными породами или участками наложенной минерализации и тем более ограничить последние на месторождении. Авторы основное внимание уделяют изучению связанных образцов зерна, отобранных по более или менее равномерной 3D сети из фоскорит-карбонатитового комплекса и вмещающих пород.

Низкотемпературная благороднометалльная минерализация установлена в керне 4 скважин, 2 из них пробурены во вмещающих пироксенитах и ещё 2 – в апатито-форстерито-магнетитовой зоне фоскорит-карбонатитового штока. Наиболее разнообразное оруденение связано с нефелинизированными пироксенитами, сложенными диопсидом, флогопитом и нефелином с развивающимися по нему натролитом и канкринитом, а также титанитом и кальцитом. Цеолитизированный нефелин содержит мелкую вкрапленность сульфидов: пирротина, сфалерита, пентландита, халькопирита и галенита – с ней и связана теллуридно-благороднометалльная минерализация: мончеит, гессит, петцит и неизвестным теллуридом Ag и Pd (рис. 1, табл. 1).

Таблица 1. Химический состав и кристаллохимические формулы минералов.

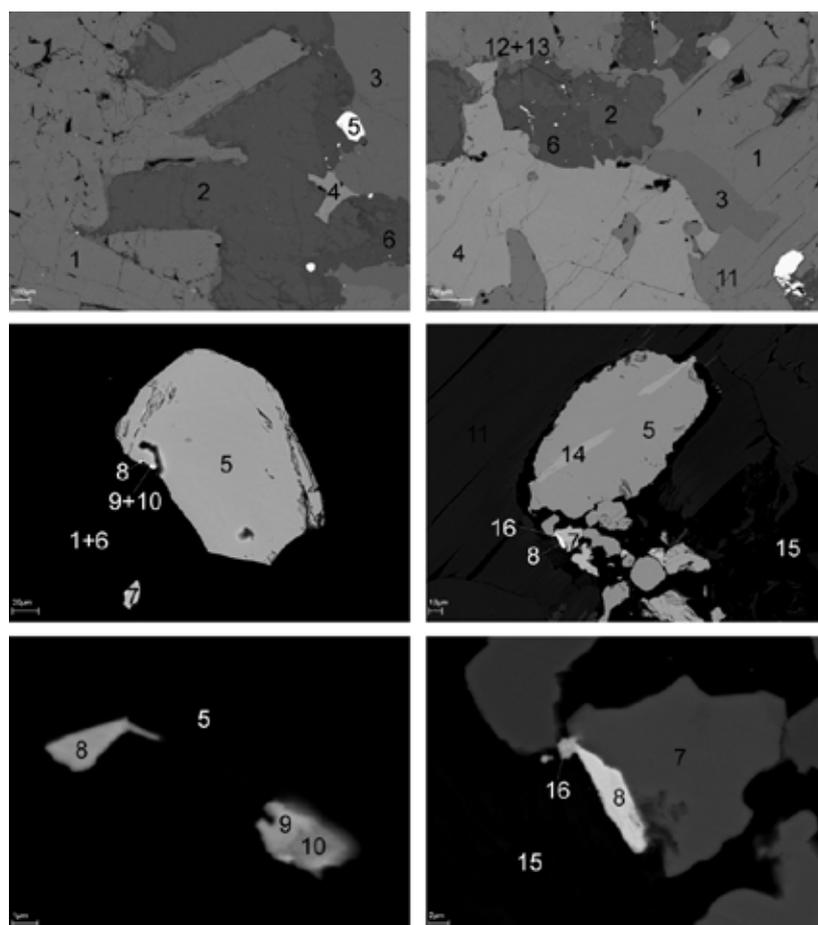


Рис. 1. Фазовый состав и сопутствующие минералы рассеянной благороднометалльной минерализации в нефелинизированном пироксените. 1– диопсид, 2 – нефелин, 3 – кальцит, 4 – титанит, 5 – пирротин, 6 – канкринит, 7 – сфалерит, 8 – мончеит, 9 – петцит, 10 – гессит, 11 – флогопит, 12 – пирит, 13 – халькопирит, 14 – пентландит, 15 – натролит, 16 – фаза состава Ag Pd (Te, Sb). Фото в обратно рассеянных электронах.

	Мончеит	Мончеит	Петцит	Гессит	Неизвестная фаза	Акантит	Аргентопентландит
Pt	39.1	25.4					
Pd		8.4			30.4		
Ag			40.1	59.2	33.9	91.0	13.4
Au			19.4				
Fe							32.4
Ni							23.1
Co							0.3
Pb			15.6	9.3			
Sb					13.9		
Te	47.8	44.5	24.9	31.5	21.8		
Bi	13.1	21.7					
S						9.0	30.8
Σ	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Кристаллохимические формулы минералов							
	$Pt_{0.9}(Te_{1.7}Bi_{0.3})_{2.0}$	$(Pt_{0.6}Pd_{0.3})_{0.9}(Te_{1.5}Bi_{0.5})_{2.0}$	$Ag_{2.8}Au_{0.7}(Te_{1.4}Pb_{0.6})_{2.0}$	$Ag_{1.9}(Te_{0.9}Pb_{0.1})_{1.0}$	$Ag_{1.1}Pd_{1.0}(Te_{0.6}Sb_{0.4})_{1.0}$	$Ag_2S$	$Ag_{1.0}(Fe_{4.8}Ni_{3.3}Co_{0.1})_{8.2}S_8$

Примечание. Составы минералов оценены на энергодисперсионной приставке Röntec к сканирующему электронному микроскопу LEO-1450.

Находка аргентопентландита приурочена к пироксенитам, обогащённым пирротином, пентландитом и галенитом (рис. 2). Благороднометалльная минерализация фоскоритов представлена самородным Ag и акантитом. Самородное Ag в виде вкрапленности ~1 мкм (рис. 3) присутствует в магнетите со вростками шпинели в ассоциации с флогопитом, клинохлором и бадделеитом. Сульфиды отсутствуют. Находка акантита (рис. 4) связана с сульфидной минерализацией в

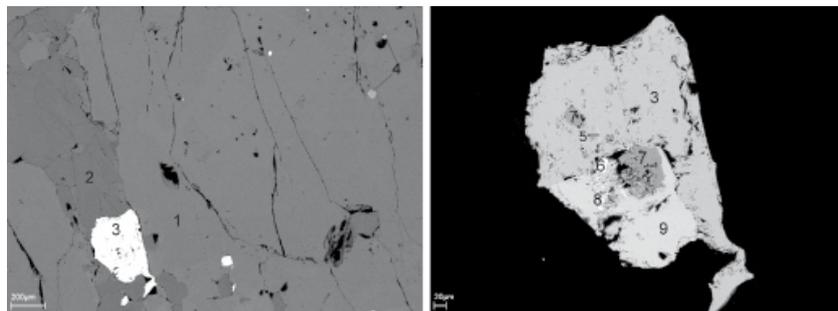


Рис. 2. Фазовый состав и сопутствующие минералы рассеянной благороднометалльной минерализации в рудном пироксените. 1 – диопсид, 2 – флогопит, 3 – пирротин, 4 – апатит, 5 – пентландит, 6 – галенит, 7 – магнетит, 8 – аргентопентландит, 9 – халькопирит. Фото в обратно рассеянных электронах.

Рис. 3. Вкрапленность самородного Ag в магнетите апатито-форстерито-магнетитовых пород. 1 – бадделеит, 2 – магнетит, 3 – апатит, 4 – форстерит, 5 – самородное Ag. Фото в обратно рассеянных электронах.

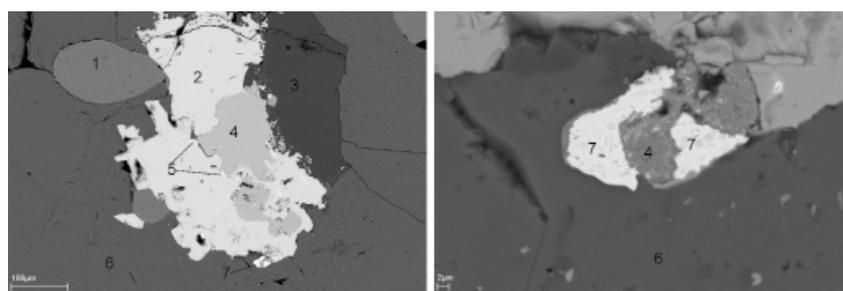
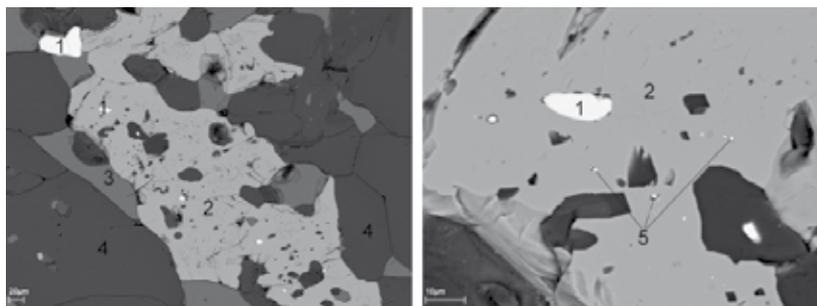


Рис. 4. Фазовый состав и сопутствующие минералы сульфидной минерализации в перекристаллизованных апатито-форстерито-магнетитовых породах. 1 – апатит, 2 – халькопирит, 3 – доломит, 4 – пирит, 5 – сфалерит, 6 – кальцит, 7 – акантит. Фото в обратно рассеянных электронах.

перекристаллизованных фоскоритах, сложенных магнетитом с ламелями ильменита, форстеритом, флогопитом, апатитом, кальцитом, доломитом и акцессорными бадделейтом, цирконолитом, пирохлором, сфалеритом, халькопиритом, пиритом и валеритом.

Таким образом, на сегодня в Ковдорском массиве установлены 27 минералов Au, Ag и ЭПГ. Находка благороднометальной минерализации в коренном залегании сделана впервые, что важно для изучения её пространственной локализации. Наиболее пристального внимания требуют щелочные метасоматиты, формирование которых способствует локализации Те в собственных фазах [1]. Присутствие собственных минералов благородных металлов – положительный фактор для оценки возможности их попутного извлечения при комплексной переработке руд.

Работа выполнена при финансовой поддержке ОАО «Ковдорский ГОК» и ООО «Минералы Лапландии».

#### Список литературы

1. Базай А.В., Иванюк Г.Ю., Пахомовский Я.А. и др. Самородные элементы в породах плосчатой железорудной формации Кольского п-ова // Зап. РМО. 2008. № 5. С. 34-47.
2. Баянова Т.Б., Кирнарский Ю.М., Левкович Н.В. U-Pb изучение бадделейта из пород Ковдорского массива // Докл. РАН. 1997. Т. 356. № 4. С. 509-511.
3. Иванюк Г.Ю., Яковенчук В.Н., Пахомовский Я.А. Ковдор. Апатиты: изд-во «Минералы Лапландии», 2002. 322 с.
4. Карчевский П.И. Сульфидная, стронциевая и редкоземельная минерализация фоскоритов и карбонатитов. СПб.: изд-во «Коло», 2005. 159 с.
5. Рудашевский Н.С., Кнауф В.В., Краснова Н.И. и др. Платинометальная и золото-серебряная минерализация в рудах и карбонатитах щелочно-ультраосновного комплекса, Ковдорский массив, Россия // Зап. ВМО. 1995. № 5. С. 1-15.
6. Amelin Y.V., Zaitsev A. U-Tr-Pb chronology carbonatites and phoscorites: problems related to extreme elemental fractionation, and possible solution using multi-mineral approach // Abstr. GAC-MAC Annual Meeting. Ottawa, 1997. P 4.
7. Amelin Yu., Zaitsev A. Precise geochronology of phoscorites carbonatites: the critical role of U-series disequilibrium in age interpretations // Geochim. Cosmochim. Acta. 2002. V 66. P 2399-2419.
8. Kramm U., Kogarko L.N., Kononova V.A. et al. The Kola Alkaline Province of the CIS and Finland: Precise Rb-Sr ages define 380-360 Ma age range for all magmatism // Lithos. 1993. V 30. P 33-34.

#### **«Ведьмины кольца» циркона и монацита-(се) в роговиках Хибинского массива**

Корчак Ю.А., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П., Иванюк Г.Ю.

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты

ulya\_korchak@mail.ru, pakhom@geoksc.apatity.ru, ivanyuk@geoksc.apatity.ru

#### **«Fairy rings» of zircon and monacite-(Ce) in hornfels of the Khibiny massif**

Korchak Yu.A., Pakhomovsky Ya.A., Men'shikov Yu.P., Ivanyuk G.Yu.

*В герцинит-аннит-анортоклазовых роговиках, слагающих ксенолиты в щелочных породах Хибинского массива, обнаружены «кольца» из изолированных зёрен циркона и монацита-(Се). Вероятно, это реликты, сохранившиеся в процессе интенсивного метасоматоза роговиков щелочными растворами.*

*There are rings from separated grains of zircon and monacite-(Ce) in hercynite-annite-anorthoclase hornfels of the Khibiny massif. That these are probably relics of zoned mineral segregations formed during an intensive metasomatic treatment of volcanogenic-sedimentary rocks by alkaline solutions.*

Роговики, слагающие ксенолиты в нефелиновых сиенитах и фойдолитах Хибинского массива, обладают необычным набором породообразующих минералов: анортоклаз, аннит, мусковит, герцинит, фаялит, андалузит, силлиманит, кордиерит-секанинаит, корунд, рутил, титанит, фрейденбергит и топаз. В пределах одного ксенолита роговики разного состава многократно перемежаются, а с приближением к вмещающим щелочным породам роль породообразующих минералов начинают играть альбит, микроклин, нефелин, содалит, эгирин, (магнезио)арф-

ведсонит и эвдиалит – минералы фенитов. Роговики Хибин, образовавшиеся при переработке ксенолитов вулканогенно-осадочных пород ловозёрской свиты, являются метасоматитами с гранобластовой структурой, непрерывно подвергавшимися воздействию щелочных растворов [1]. Аналогичные роговики обнаружены в Ловозёрском массиве.

Список акцессорных минералов роговиков и апороговиковых фенитов обширен – 169 минеральных видов. Циркон и монацит-(Ce) – типоморфные минералы всех без исключения типов роговиков. Чаще всего они образуют мелкую (~10 мкм) рассеянную вкрапленность в породообразующих минералах. В герцинино-аннито-анортоклазовых, герцинино-анортоклазовых и аннито-анортоклазовых роговиках обнаружены «кольца» ~ 0.5 мм из зёрен циркона (рис. 1) или монацита-(Ce) (рис. 2). Они беспорядочно распределены в породообразующих минералах без какой-либо связи с границами зёрен.

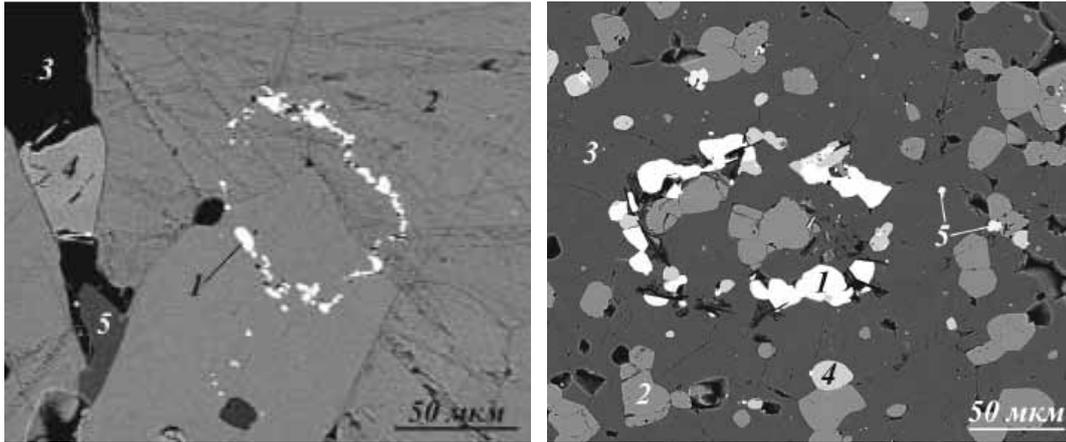


Рис. 1 (слева). Циркон (1) в анните (2), ассоциирующем с анортоклазом (3), ильменитом (4) и апатитом-(CaF) (5).

Рис. 2 (справа). Монацит-(Ce) (1) в герцинино(2)-анортоклазовом (3) роговике, 4 – ильменит; 5 – циркон. г. Кукисвумчорр. Фото в обратно рассеянных электронах.

Возможное происхождение колец – их унаследованность от концентрически-зональных сегрегаций разного состава, широко распространённых в роговиках Хибинского и Ловозёрского массивов. Внешняя зона концентрически-зональной сегрегации из герцинино-аннито-анортоклазового роговика г. Куйвчорр, Ловозёрский массив (рис. 3), сложена герцинитом и ильменитом, ядро – аннитом с включениями циркона и альбита. Если представить полное замещение оксидной внешней зоны аннитом по реакции  $3\text{FeAl}_2\text{O}_4 + \text{KOH} + 3\text{SiO}_2 + 8\text{H}_2\text{O} = \text{KFe}_3\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2 + 5\text{Al}(\text{OH})_3$  – получим структуру, аналогичную изображённой на рис. 1.

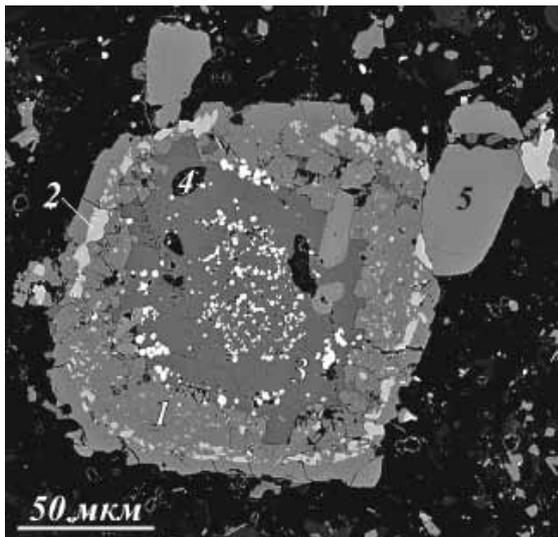


Рис. 3. Внешняя зона овоида сложена герцинитом (1) и ильменитом (2), внутренняя – аннитом (3) с включениями циркона (белое) и альбита (4) в герцинино-аннито-анортоклазовом роговике, г. Куйвчорр (Ловозёрский массив). 5 – апатит-(CaF). Фото в обратно рассеянных электронах.

Подобно циркону в описанных выше аннито-ильменито-герцининовых овоидах, мельчайшие зёрна монацита-(Ce) также часто располагаются по периферии ильменитовых, апатитовых и ильменито-apatитовых ( $\pm$  герцинит) концентрически-зональных сегрегаций в апобазальтовых роговиках Ловозёрского массива. В случае полного замещения апатитовой и оксидной составляющих овоида породообразующими силикатами в ходе интенсивного преобразования породы могут сформироваться структуры, подобные изображённой на рис. 2. Пока не ясно, по ка-

кой причине монацит-(Ce), в отличие от апатита, может сохраниться в ходе такого преобразования. Исследования продолжаются.

Исследования проводились при финансовой поддержке МПР, ОАО «Апатит» и ООО «Минералы Лапландии».

#### Список литературы

1. Корчак Ю.А. Минералогия пород Ловозёрской свиты и продуктов их контактово-метасоматического преобразования в щелочных массивах. Дисс. уч. ст. канд. геол.-мин. наук. СПбГУ, 2008. 328 с.

#### **Роговики оvoidной текстуры в Хибинском и Ловозёрском массивах**

Корчак Ю.А., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П., Иванюк Г.Ю.

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты,

ulya\_korchak@mail.ru, pakhom@geoksc.apatity.ru, ivanyuk@geoksc.apatity.ru

#### **The ovoid-structure hornfels in the Khibiny and Lovozero massifs**

Korchak Yu.A., Pakhomovsky Ya.A., Men'shikov Yu.P., Ivanyuk G.Yu.

*Для некоторых роговиков, слагающих ксенолиты в щелочных породах Ловозёрского и Хибинского массивов, характерна оvoidная текстура. Оvoidы зональны. В центре находится Ca-содержащий минерал (флюорит, волластонит или титанит), внешние зоны сложены альбитом, состав которого к периферии меняется от  $An_{11-42}$  до  $An_{0-3}$ . Это свидетельствует об их метасоматической природе.*

*The ovoid structure is typical of some types of hornfels composing xenoliths among the alkaline rocks of the Lovozero and Khibiny massifs. Ovoids are zonal, with a Ca-bearing mineral in the centre (commonly, fluorite, wollastonite or titanite) and outer zones composed of albite, which composition gradually changes from  $An_{11-42}$  to  $An_{0-3}$  in the periphery. Such composition of ovoids testifies to their metasomatic nature.*

Вулканоогенно-осадочные породы ловозёрской свиты, захваченные в виде ксенолитов при становлении Ловозёрского и Хибинского массивов, подверглись термальному и метасоматическому воздействию (фенитизации). Это привело к образованию метасоматитов гранобластовой структуры, за которыми в литературе закрепилось название «глинозёмистые роговики». Характерны пятнистая, брекчиевая, полосчатая, а также необычная оvoidная текстура. Породообразующие минералы: анортоклаз, аннит, мусковит, герцинит, фаялит, андалузит, силлиманит, кордиерит-секанинит, корунд, рутил, титанит, фрейденберgit и топаз [2].

Оvoidная текстура обусловлена наличием в основной тонкозернистой массе округлых обособлений, окраска которых контрастирует с окружающей породой (рис. 1а). Размер обособлений до 1.5 см, обычно 0.3-0.8 см. Каждый оvoid имеет зональное строение, порой весьма сложное. В центре всегда находится один или несколько Ca-содержащих минералов (флюорит, волластонит, титанит), зёрна которых окружены метасоматическим альбитом (иногда с анортоклазом) с повышенным содержанием анортитовой составляющей. Альбит вне сегрегаций имеет, как правило, состав  $An_{0-3}$ .

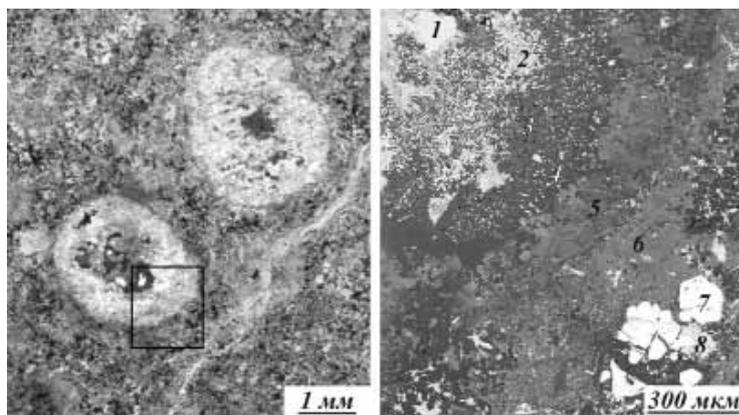


Рис. 1. Оvoidная текстура в аннито-анортоклазовом роговике, г. Куйвчорр (Ловозёрский массив). Флюорит (1) и флюорит в срastании с волластонитом (2) с альбитом  $An_{24}$  (3) окружены зонами альбита  $An_{11}$  (4), альбита  $An_3$  (5) и альбита  $An_{10}$  (6), 7 – фторапатит, 8 – аннит. Фото шлифа в проходящем свете (слева) и фрагмента, показанного квадратом (справа), в обратно рассеянных электронах.

Флюорито-волластонитовые сростания в ассоциации с плагиоклазом  $An_{24}$  образуют ядра округлых сегрегаций, создающих овоидную текстуру аннито-анортоклазовых роговиков г. Куйвчорр, Ловозёрский массив. Ядра окружены альбитом  $An_{11}$  с анортоклазом и редкими зёрнами флюорита, следующая зона – альбит  $An_8$  с анортоклазом, периферическая зона – альбит  $An_{10}$ , анортоклаз и аннит. К таким сегрегациям примыкают хорошо образованные кристаллы фторпатита (рис. 1).

На г. Кукисвумчорр встречены герцинино-аннито-анортоклазовые роговики с овоидами ~ 0.3-6 мм. В центре каждого овоида – округлое зерно флюорита, окружённое сначала плагиоклазом  $An_{42}$ , на периферии – плагиоклазом  $An_{34}$ . Альбит вне сегрегации имеет состав  $An_{2.5}$  (рис. 2).

В герцинитсодержащих аннито-альбито-ортоклазовых роговиках овоидная текстура обусловлена многочисленными светло- и тёмноокрашенными округлыми сегрегациями размером до 1.5 см (рис. 3). Они сложены в основном ортоклазом с примесью аннита, герцинита (обычно в сростаниях), альбита  $An_{15-30}$  и мусковита. Порода представляет собой агрегат мелких зёрен аннита, альбита  $An_{3-1}$ , герцинита и ильменита.

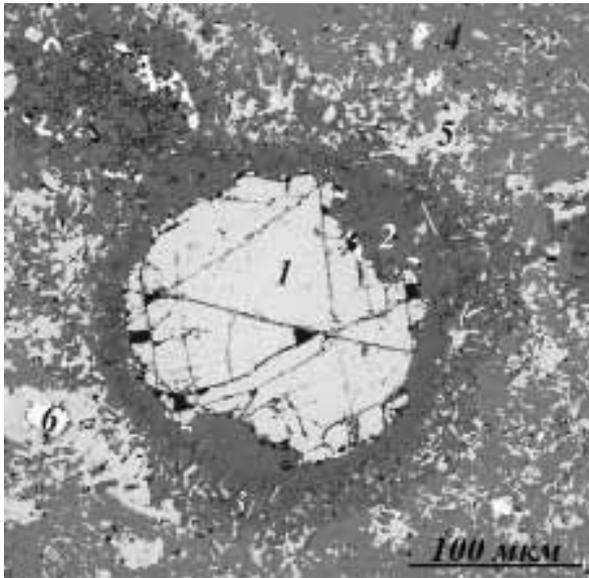


Рис. 2. Зерно флюорита (1), окружённое двумя зонами плагиоклаза разного состава (2 и 3), 4 – анортоклаз, 5 – аннит, 6 – ильменит. Герцинино-аннито-анортоклазовый роговик, г. Кукисвумчорр, Хибинский массив. Фото шлифа в обратно рассеянных электронах.

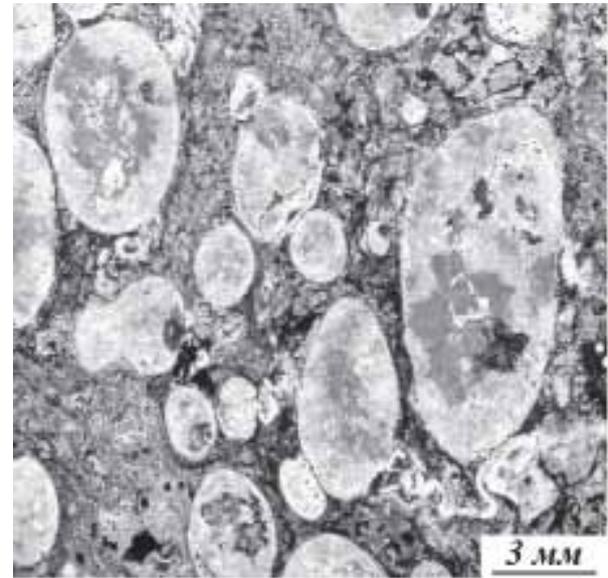


Рис. 3. Аннито-альбито-ортоклазовый с герцинитом роговик овоидной текстуры из ксенолита в щелочных породах г. Куйвчорр, Ловозёрский массив. Фото комбинированного шлифа в проходящем свете.

Тёмноокрашенные овоиды из того же роговика сложены ильменитом, образовавшимся за счет титанита, иногда с его реликтами. Альбит вне сегрегаций имеет состав  $An_{0.3}$ , но вокруг новообразованного ильменита формируется метасоматическая кайма плагиоклаза  $An_{11}$  за счёт Са, высвободившегося из титанита. В роговике фиксируются все стадии метасоматических преобразований от начала замещения титанита ильменитом до окончательного обособления округлых ильменито-плагиоклазовых сегрегаций. Подобные овоидные текстуры обнаружены нами в роговиках из ксенолитов Хибинского (гг. Кукисвумчорр, Каскаснюнчорр) и Ловозёрского массивов (гг. Куамдеспакх и Куйвчорр).

Роговики овоидной текстуры – «овоидофиры» – ранее описаны в Ловозёрском массиве на г. Куамдеспакх [1]. Предполагалось, что они возникли в результате ликвации фельдшпатоидной магмы в первую эруптивную фазу становления массива. Этот вывод был сделан на основании текстурно-структурных особенностей овоидофиров. Изучение минерального состава этих чрезвычайно тонкозернистых пород, ставшее возможным благодаря современным физическим методам, дало убедительные свидетельства метасоматического происхождения овоидов.

Исследования проводились при финансовой поддержке МПР, ОАО «Апатит» и ООО «Минералы Лапландии».

## Список литературы

1. Буссен И.В., Сахаров А.С. Овоидофиры Луяввурта – результат ликвации щелочной магмы // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1971. Т. 197. № 6. С. 1402-1405.
2. Корчак Ю.А. Минералогия пород Ловозёрской свиты и продуктов их контактово-метасоматического преобразования в щелочных массивах. Дисс. уч. ст. канд. геол.-мин. наук. СПбГУ. 2008. 328 с.

### **Источники благороднометальной минерализации в межрудных сланцах КМА**

Кузнецов В.С.

Воронежский государственный университет, Воронеж, voronezhpodkl@inbox.ru

### **The sources of the noble-metal mineralization in the inter-ore shales of KMA**

Kuznetsov V.S.

*В статье рассмотрена проблема источников вещества при формировании благороднометального оруденения в межрудных сланцах раннепротерозойской курской серии КМА. Комплекс геолого-структурных, минералого-петрографических и петрогеохимических признаков свидетельствует о полигенной природе золота и ЭПГ, связанных с экзогенными процессами, последующим метаморфизмом и проявлениями вулкано-интрузивного магматизма, наиболее полно проявившихся в раннепротерозойском рифтогенезе в мегаблоке КМА Воронежского кристаллического массива.*

*The article discusses the problem of sources of ore material in the formation of noble-metal mineralization in the Proterozoic inter-ore shales of the Kursk series KMA. The complex geological-structural, mineralogical-petrographic and petrochemical evidence suggests polygenic nature of the sources of gold and PGE associated with exogenous processes, as well as with subsequent metamorphism and manifestations of the volcano-intrusive magmatism vividly demonstrated during the Proterozoic rifting within megabloc KMA Voronezh crystalline array.*

В мегаблоке КМА Воронежского кристаллического массива (ВКМ) Au-ЭПГ оруденение, ассоциирующее с углеродсодержащими образованиями, установлено во всех стратиграфических подразделениях докембрия [15]. Принадлежность минерализации к различным структурно-вещественным комплексам (СВК) обуславливает широкие вариации минерального и химического состава пород, различную мощность рудных тел, а также разнообразие минерального состава и широкие вариации содержаний ЭПГ и Au. Их повышенные концентрации установлены в графитизированных и сульфидизированных плагиогнейсах обоянской серии (Au=1.97 г/т, Pt до 5.1 г/т). В позднеархейской михайловской серии, сложенной метаморфизованными вулканитами различного состава, вулканогенно- и терригенно-осадочными углеродсодержащими породами, значительное распространение имеют Au- и Pd-содержащие колчеданные руды (Au=1.2 г/т, ЭПГ до 1.0 г/т). В сульфидизированных углеродсодержащих сланцах и железистых кварцитах курской серии установлены значительные концентрации Au (до 3.4-7 г/т) и ЭПГ (до 5.4 г/т). Завершает разрез докембрия КМА оскольская серия, с углеродистыми вулканогенно-осадочными сланцами и метасоматитами которой связан тимской тип Au-ЭПГ оруденения (ЭПГ до 1.8-2.1 г/т, Au до 20.2 г/т). Формирование разнотипного благороднометального оруденения связано с различными рудообразующими процессами на разных этапах развития ВКМ. Наиболее высокие концентрации благородных металлов связаны с углеродсодержащими терригенно-осадочными (курская серия) и высокоуглеродистыми вулканогенно-осадочными (оскольская серия) породами  $PR_1$ . Вопросам формирования благороднометального оруденения черносланцевого типа в целом и Au-ЭПГ в углеродистых сланцах оскольской серии КМА посвящены публикации [15, 16]. Механизмы формирования Au-ЭПГ оруденения во вмещающих железистых кварцитах межрудных сланцах курской серии изучены слабее.

Объект исследований – межрудные сланцы курской серии, вскрытые на Стойленском и Лебединском железорудных месторождениях КМА. В центральной части КМА расположена рифтогенная Тим-Ястребовская структура, в которой принимают участие AR образования обоянского плутоно-метаморфического комплекса и терригенно-вулканогенные породы михайловской серии, а также  $PR_1$  отложения терригенно-осадочных (курская серия) и терригенно-карбонатно-

вулканогенных пород (оскольская серия). На ЮЗ фланге структуры расположен Старооскольский рудный узел с Коробковским, Лебединским и Стойленским месторождениями (рис. 1). Курская серия мощностью до 1 км представлена железорудными подсветами – нижней (200-250 м) и верхней (до 300 м) – и двумя сланцевыми подсветами: междурудной (100-200 м) и надрудной (> 200 м). Магматические породы представлены Стойло-Николаевским интрузивным массивом (4×9 км), прорывающим железисто-кремнистую формацию. Особенность месторождений Старооскольского рудного р-на – разнообразные дайки. Карбонатно-биотитовые дайки образуют субсогласные небольшие тела 0.5-5 м. Розовые микроклиновые граниты встречаются в одиночных жилах 0.5-1.5 м. Наиболее распространены жильные образования диоритового состава (диоритовые порфиристы), образующие крутопадающие (65-85°) дайки мощностью от нескольких см до 10 м и протяжённостью – от первых десятков до 900 м.

Предыдущими исследованиями выявлены высокие содержания ЭПГ и Au в сланцах курской серии и выделен старооскольский тип благороднометалльного оруденения [16]. Он приурочен к разным по составу, в разной степени сульфидизированным и обогащённым углеродистым веществом сланцам. На сегодня об источниках и механизмах образования Au-ЭПГ оруденения в метаморфизованных терригенных, в т.ч. углеродсодержащих, отложениях предложен ряд концепций, разделяющихся на экзогенные (терригенно-осадочные) и эндогенные.

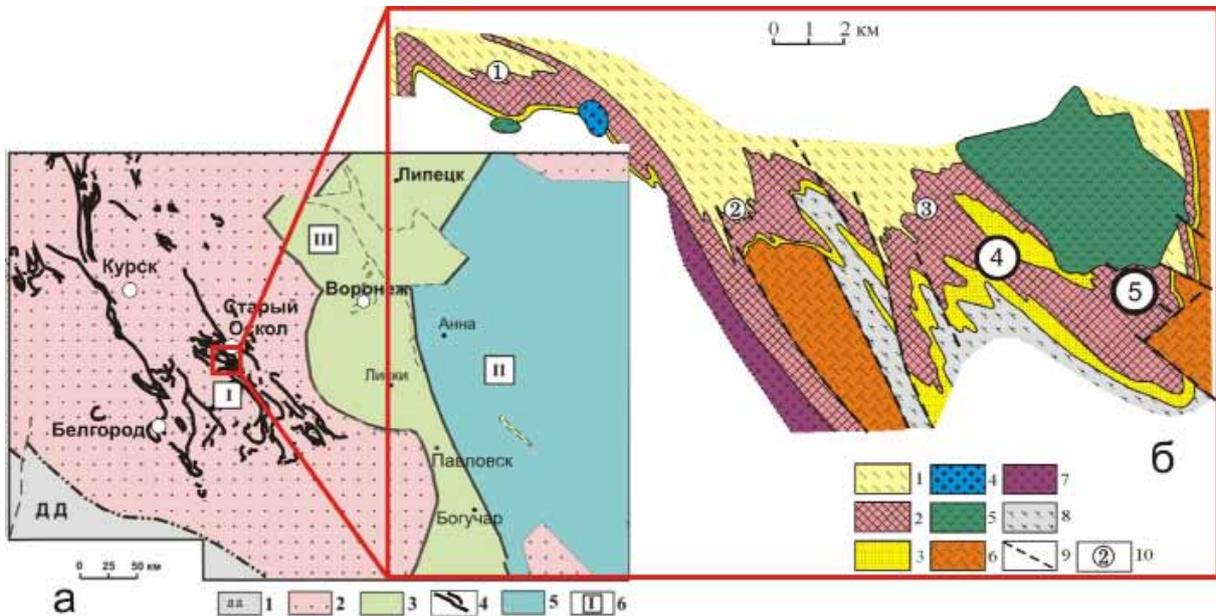


Рис. 1. Положение Старооскольского железорудного р-на в структуре ВКМ. а) Геологическая схема ВКМ: 1 – границы ВКМ и прилегающие структуры: ДД – Днепровско-Донецкий авлакоген; 2 – СВК архейского основания; 3 – СВК Лосевской шовной зоны; 4 – железистые кварциты (железисто-кремнисто-сланцевая формация  $PR_1$ ); 5 – СВК этапа эпикратонного прогибания пассивной континентальной окраины; 6 – мегаблоки ВКМ: I – КМА, II – Хопёрский, III – Лосевская шовная зона; б) схема Старооскольского железорудного р-на: СВК  $PR_1$  – курская серия: 1-2 – коробковская свита: 1 – верхняя сланцевая подсвета, 2 – верхняя и нижняя железорудные подсветы с внутрирудной сланцевой подсветой; 3 – стойленская свита – кварцитопесчаники, кварц-сланцевые сланцы; 4 – микроклиновые граниты атаманского комплекса; 5 – диориты и гранодиориты стойло-николаевского комплекса; 6 – нерасчленённый гранитогнейсовый комплекс – гранитогнейсы, мигматиты, гнейсы, прослои и линзы амфиболитов; верхний архей: 7 – плагиограниты салтыковского комплекса; 8 – михайловская серия; 9 – разломы; 10 – месторождения: 1 – Панковское, 2 – Коробковское, 3 – Лебединское, 4 – Стойло-Лебединское, 5 – Стойленское.

Широко известны представления о металлоносных терригенных углеродсодержащих сланцевых формациях как сутобо экзогенных образованиях. Согласно этой концепции, источником благородных металлов был снос в бассейны седиментации ЭПГ и Au в виде механической взвеси и в растворённой форме. В качестве материнских пород, концентрирующих благородные металлы, выступали ультрамафит-мафитовые магматиты для ЭПГ и гранитоиды для Au. По [17], породы курской серии типично терригенные, образовавшиеся в результате интенсивного выветривания и размыва пород архейского основания. Михайловская серия, залегающая ниже, содержит образования коматиит-базальтовой формации («верхние» зеленокаменные пояса с ЭПГ оруденением [15]), эффузивы и интрузивы кислого состава с геохимической специализацией

на Au. В процессы денудации был, вероятно, вовлечён обоянский плутоно-метаморфический комплекс с основными-ультраосновными породами («нижние» зеленокаменные пояса, бесединский интрузивный комплекс) и гнейсо-мигматитами. Подтверждением унаследованности оруденения служат распределения ЭПГ и минеральный состав благороднометалльного оруденения сланцев курской серии [8].

Нормализованное к хондриту распределение ЭПГ в углеродсодержащих сланцах Лебединского и Стойленского месторождений (рис. 2) демонстрирует слабо дифференцированный характер с повышенными концентрациями лёгких платиноидов при дефиците тяжёлых. На диаграмме хондрит-нормализованных отношений (рис. 2) видно сходство трендов распределения ЭПГ и золота между сланцами Стойленского и Лебединского месторождений с коматиитами и, в некоторой мере, дунитами зональных массивов. Общая схема распределения благородных металлов в межрудных сланцах Стойленского и Лебединского месторождений имеет вид  $Au > Pd > Pt > Rh > Ir$ , отношение Pt/Pd в межрудных сланцах составляет ~0,5-0,6. Как видно из табл. 1, подобные отношения характерны для коматиитов и клинопироксенитов зональных массивов. Распределения благородных металлов в межрудных сланцах курской серии, коматиитах и зональных массивах сходны.

В межрудных сланцах курской серии на Лебединском месторождении установлены самородные Ru, Os, Ir, Pt, их твёрдые растворы и интерметаллиды [16]. Такая минеральная ассоциация характерна для платиноносных массивов ультраосновного состава. Следовательно, минералы тугоплавких платиноидов поступали в бассейн осадконакопления сланцев курской серии при разрушении архейских ультрамафитов, являющихся их аналогами. Можно сделать вывод об унаследованности благороднометалльного оруденения межрудных сланцев курской серии от более древних образований, слагающих архейское гранит-зеленокаменное основание мегаблока КМА.

Таблица 1. Средние содержания ЭПГ и Au в межрудных сланцах курской серии и ультрамафитах, г/т [8, 16].

	Ir	Rh	Pt	Pd	Au	Pt/Pd
Сланцы Стойленского месторождения	0.002	0.005	0.036	0.075	0.221	0.480
Сланцы Лебединского месторождения	0.010	0.010	0.120	0.180	0.050	0.670
Коматииты Камбалды	0.045	0.060	0.270	0.402	0.188	0.670
Норильское месторождение	0.020	0.130	0.790	3.320	0.100	0.240
Риф Меренского, Бушвельд	0.080	0.240	4.780	2.035	0.26	2.350
Дуниты зональных массивов	0.002	0.004	0.024	0.018	0.011	1.300
Клинопироксениты зональных массивов	0.001	0.001	0.025	0.041	0.002	0.600

Ряд исследователей [10, 11, 15] аргументирует более широкое влияние эндогенных процессов на образование железо- и углеродсодержащих толщ. В качестве источника благородных металлов предлагаются системы типа «чёрных курильщиков» [1, 9, 11] и гидротермальные растворы [5, 10], поступающие по схеме рециклинга по глубинным разломам внутри- и окраинно-континентального рифтов. В морских бассейнах транспортерами вод, обогащёнными металлами, являются апвеллинги – зоны подъёма вод вверх по материковому склону. Расчёты показали, что хлоридные комплексы могут переносить ЭПГ в диапазоне условий – от морской соленой воды ( $t = 4^\circ \text{C}$ ) до гидротермальных рассолов ( $t = 300^\circ \text{C}$ ). Благоприятны рН = 3-5, отвечающие обстановкам мелководного шельфа открытого моря. При рН = 7-8 ЭПГ переходят в осадок [18]. При поступлении в зону шельфа глубинные течения стимулируют развитие планктона, который накапливает растворённые металлы [13], попадающие затем в осадок.

Вероятный механизм поступления эндогенного вещества в осадки железорудных месторождений связан с гидротермальной активностью в рифтовых зонах и выщелачиванием рудных компонентов изливающихся магм морской водой. В последующем имел место перенос обогащённых глубинным веществом водных масс в мелководную зону шельфа, где золото и ЭПГ сорбировались глинистыми минералами, сульфидами, органическим веществом [2]. О поступлении эндогенного вещества в исходные осадки сланцев курской серии говорит распределение редких земель [7] – повышенное отношение  $Eu/Eu^*$  и  $Ce/La < 2$ . Комбинация различных источников рудного вещества дала первичное благороднометалльное оруденение, позднее подвергшееся воздействию метаморфогенно-гидротермальных процессов.

Дальнейшая эволюция рудообразующей системы связана с литификацией и метаморфизмом осадков. Наиболее подвижные в этих условиях элементы переходят в метаморфоген-

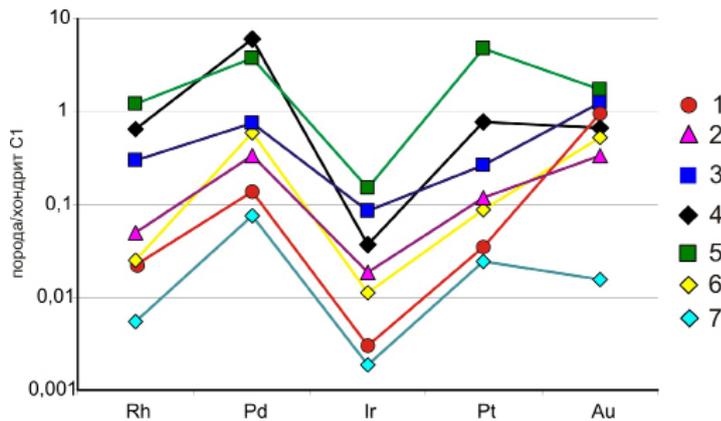


Рис. 2. Содержание ЭПГ в различных породах, нормализованное к углестому хондриту C1 [8]: 1 – Риф Меренского, Бушведский массив, ЮАР; 2 – Норильское месторождение; 3 – коматииты Камбалды, Австралия; 4 – межрудные сланцы Лебединского месторождения; 5 – межрудные сланцы Стойленского месторождения; 6 – углеродистые сланцы оскольской серии КМА; 7 – клинопироксениты зональных массивов.

ные растворы, которые приобретают способность растворять и переносить рудные элементы, а также вступать в метасоматические реакции при температурах 200-400 °С [3, 10]. Рассеянные вкрапленные сульфиды переходят в послойные и густовкрапленные. Для межрудных сланцев курской серии метаморфогенные процессы имеют важное значение, выражающееся в перераспределении благородных металлов с образованием оруденения метаморфогенно-гидротермального типа с повышенными концентрациями Au и ЭПГ в сульфидах метаморфогенных генераций [6].

Согласно другой концепции, привнос Au и ЭПГ в осадки происходит под влиянием флюидно-магматогенных процессов с экстракцией

рудных элементов потоками флюидов из мантийно-коровых очагов [4, 5, 15]. Образования железисто-кремнисто-сланцевой формации в мегаблоке КМА наиболее распространены в протерозойских рифтогенных грабен-синклиналиях, где от размыва сохранились наибольшие мощности курской серии. Эти структуры характеризуются тектоно-магматической активностью в оскольское время. С углеродистыми вулканогенно-осадочными породами оскольской серии связан тимской тип благороднометального оруденения [15]. Стойленское месторождение расположено на ЮЗ замыкании Тим-Ястребовской рифтогенной структуры. Не вызывает сомнений, что железисто-кремнисто-сланцевая формация подверглась интенсивному воздействию флюидно-магматогенных процессов с образованием благороднометального оруденения. Роль флюидно-магматогенного источника в его формировании подтверждается: а) длительностью функционирования очаговых зон в рифтогенных структурах с нарастающей ролью высокомагнезиальных магм с повышением содержания щелочей и углекислотных флюидов, обогащённых цветными и благородными металлами [14, 15]; б) ассоциацией оруденения с элементами, типичными для эндогенной гидротермальной деятельности: S, As, Sb, Se, Te, Bi и Cu, Ni, Co, Zn, Pb, Ag, Mn, V [6]; в) отчётливо базальтоидным типом распределения ЭПГ Pd>Pt>Rh>Ru>Ir(?)>Os(?).

Сложное распределение ЭПГ, Au и сопутствующих элементов в межрудных сланцах является следствием разных источников рудного вещества и его перераспределения в региональном метаморфизме. Ряд минералогических, структурно-тектонических, литологических и петролого-геохимических особенностей говорит о полигенной природе рудного вещества в длительно развивающейся рудообразующей системе и принадлежности Au-ЭПГ оруденения в межрудных сланцах курской серии КМА к стратифицированному флюидно-магматогенно-осадочному формационному типу.

Работы выполнены при финансовой поддержке РФФИ, грант №08-05-00158а; ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», ГК № 02.740.11.0021.

#### Список литературы

1. Богданов Ю.А. Гидротермальные рудопроявления рифтов Срединно-Атлантического хребта. М.: Научный мир, 1997. 167 с.
2. Варшал Г.М., Велюханова Т.К., Кощеева Н.Я. и др. Комплексообразование как причина концентрирования платиновых металлов углеродистым веществом пород и потерь этих металлов в аналитических операциях // Геология и генезис месторождений платиновых металлов. М.: Наука, 1994. С. 277-286.
3. Ермолаев Н.П. Факторы мобилизации и перераспределения рудных микроэлементов в углеродисто-кремнистых сланцах венда – нижнего палеозоя // Проблемы осадочной геологии докембрия. Вып. 7. Кн. 2. М.: Наука, 1981. С. 82-88.
4. Иванкин П.Ф., Назарова Н.И. Проблема восстановительного метасоматоза // Метасоматоз и рудообразование. М.: Наука, 1984. С. 25-38.
5. Коробейников А.Ф. Геодинамические обстановки и условия образования комплексных

золото-платиноидных месторождений // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов в XXI веке: минералогия, генезис, технология, аналитика. Т. IV. М.: Геоинформмарк, 1999. С. 50-60.

6. Кузнецов В.С. Золото-платинометальное оруденение в межрудных сланцах Стойленского железорудного месторождения КМА: типы, состав и генетические особенности. Автореф. дисс. уч. ст. канд. геол.-мин. наук. Воронеж. 2010. 24 с.

7. Кузнецов В.С., Шатров В.А. Особенности распределения редкоземельных элементов в благороднометаллоносодержащих углеродистых сланцевых толщах железисто-кремнистой формации ВКМ // Металлогения древних и современных океанов. Рудоносные комплексы и рудные фации. Миасс: ИМин УрО РАН, 2008. С. 295-298.

8. Кузнецов В.С. Новые данные о распределении благородных металлов в межрудных сланцах курской серии КМА, Центральная Россия // Матер. Всерос. конф. «Минералогия докембрия». Петрозаводск: Ин-т геологии КарНЦ РАН, 2009. С. 131-133.

9. Лисицин А.П., Богданов Ю.А., Гурвич Г.Г. Гидротермальные образования рифтовых зон океана. М.: Наука, 1990. 256 с.

10. Маракушев А.А. Происхождение месторождений платиновых металлов и их экспериментальное моделирование // Платина России. Т. II. Кн. 1. М.: Геоинформмарк, 1995. С. 49-63.

11. Мозгова Н.Н. Строение, минеральные ассоциации и благородные металлы океанской рудной постройки «Мир» гидротермального поля ТАГ, Срединно-Атлантический хребет, 26° с.ш. // Геол. руд. месторождений. 1998. Т. 40. № 3. С. 256-277.

12. Немеров В.К., Семейкина Л.К., Митрофанов Г.Л. Рудные концентрации платиноидов на ранних стадиях постседиментационных преобразований углеродистых отложений и перспективы их выявления в Восточной Сибири // Платина России. Т. VI. Новые нетрадиционные типы платиноносодержащих месторождений. Результаты и направления работ по программе «Платина России». М.: Геоинформмарк, 2004. С. 40-50.

13. Неручев С.Г. Уран и жизнь в истории Земли. Л.: Недра, 1982. 208 с.

14. Рехарский В.И. Источники и условия мобилизации рудного вещества // Матер. 27 МК. Секция 12. Металлогения и рудные месторождения. М.: Наука, 1984. С. 20-27.

15. Чернышов Н.М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона, Центральная Россия. Воронеж: изд-во ВГУ, 2004. 448 с.

16. Чернышов Н.М. Золото-платинометальное оруденение черносланцевого типа Курско-Воронежского региона, Центральная Россия. Воронеж: изд-во ВГУ, 2007. 177 с.

17. Щёголев И.Н. Железорудные формации докембрия Курской магнитной аномалии и Украинского щита // Геол. журн. 1981. Т. 41. № 5. С. 41-49.

18. Wood S.A. The interaction of dissolved platinum with fulvic acid and simple organic acid analogues in aqueous solutions // Canad. Miner. 1990. V 28. N 3. P 665-674.

### **Коматииты и их производные – история и проблема идентификации**

Куликов В.С.<sup>1</sup>, Куликова В.В.<sup>1</sup>, Бычкова Я.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, vkulikova@yandex.ru

<sup>2</sup>Институт геохимии и аналитической химии РАН, Москва, yanab66@yandex.ru

### **Komatiites and their derivatives – history and identification problem**

Kulikov V.S., Kulikova V.V., Bychkova Ya.V.

*Важное достижение магматической петрологии в XX в. – открытие коматиитов, наиболее распространённых в архее. История их 40-летнего изучения освещена в [14]. Российские учёные – одни из первых исследователей коматиитов и коматиитовых базальтов в Фенноскандии [1]. Идентификация палеопротерозойских коматиитов сложна. На основании их геологического положения, строения, петро- и геохимических, а также микрондовывых анализов расплавных включений в оливинах, пироксенах, хромитах и цирконах в коматиитовых базальтах Ветреного Пояса (2.41 Ga) авторы ставят вопрос о выделении «ветренитовой» магмы в качестве материнской для Сумийской магматической провинции (2.5-2.4 Ga) с месторождениями Cr, Ti, V, Ni, Cu, ЭПГ и др.*

*Discovering komatiites best-widespread in the Archaean is an important result of the magmatic petrology of the 20<sup>th</sup> century. The history of 40 years-long study is presented in [14]. Russian scientists are one of the pioneer researchers of komatiites and komatiitic basalts in the Fennoscandia [1]. Identification of komatiites is complex. On the basis of their geological location, structure, petro-, geochemical and microprobe analyses of melt inclusions in olivines, pyroxenes, chromites and zircons in komatiitic basalts of the Vetreny Belt (2.41 Ga), the authors set forth*

*the possibility of defining the "vetrorenitic" magma as a maternal one for the Sumean magmatic province (2.5-2.4 Ga) with Cr, Ti, V, Ni, Cu, PGE, etc. deposits.*

Одним из «прорывов» в магматической петрологии в XX в. стало открытие коматиитов – производных высокотемпературных высокомагнезиальных мантийных расплавов. В Австралии, ЮАР, Канаде и Бразилии они сопровождаются крупными месторождениями Ni, Cu, Au, ЭПГ и др. полезных ископаемых. Присутствие высокомагнезиальных пород среди докембрийских образований установлено в России ещё в XIX в. (Ф.Ю. Левинсон-Лессинг и др.), но тогда не было найдено достаточно аргументов для обоснования их происхождения из ультраосновных расплавов. В первой половине XX в. в Канаде и Австралии описаны породы ультраосновного состава с вулканическими текстурами и структурами, но этим находкам серьёзного значения не придавалось. Отрицательную роль сыграло мнение Н. Боуэна о невозможности ультраосновных расплавов на поверхности Земли. М. и Р. Вильоны в 1969 г. опубликовали статью, где описали новые вулканические породы – коматииты – с оригинальными текстурами и структурами, получившие название по р. Комати в ЮАР. Эти структуры, образованные дендритами оливина и игольчатого клинопироксена и названные «спинифекс» по сходству с австралийской остролистной травой *Triodia spinifex* (R.W. Nesbitt), стали важнейшим признаком кристаллизации породы из ультраосновного расплава на поверхности Земли

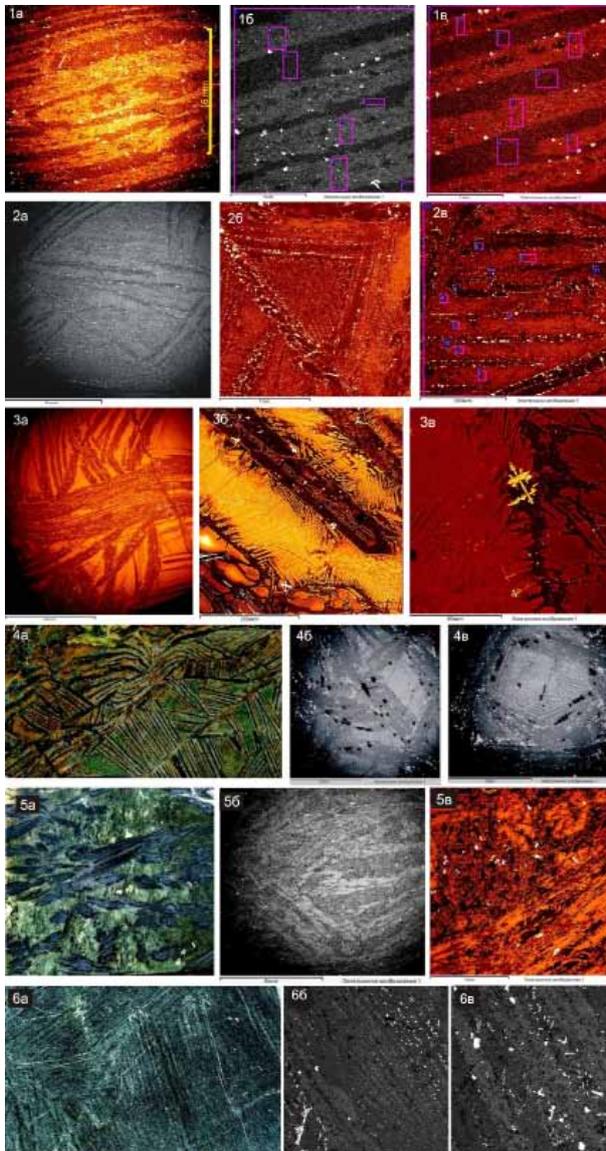


Рис. 1. Примеры структур спинифекс в коматиитах архея. 1а-в – Австралия, 2а-в – ЮАР (Барбентон), 3а-в – Канада, 4а-в – ЮВ Фенноскандия (р. Кумбукса, Золотые Пороги), 5а-в – Финляндия, 6а-в – Костомукша.

основного расплава на поверхности Земли (рис. 1). В 1978 г. на р. Кумбуксе, Карелия, в Сумозёрско-Кенозёрском мезоархейском зеленокаменном поясе В.В. Куликовой обнаружены коматииты со структурами оливиново-го спинифекса. Опубликование информации стало возможным благодаря О.А. Богатикову и В.С. Соболеву в 1981 г. Эксперименты за рубежом в 1970-е гг. (D. Green, N. Arndt и др.), а позже в СССР (А.С. Гирнис) подтвердили существование ультраосновных магм в докембрии. На Пенроузской конференции в Канаде (1980 г.) определены термины «коматиит», «коматиитовый базальт» и «коматиитовая серия». Граница между первыми двумя проведена по  $MgO = 18\%$  – кажущемуся минимуму  $MgO$  в высокомагнезиальных вулканитах.

В монографии «Komatiites» (N. Arndt, R. Nesbitt, eds., 1982) упоминаний о коматиитах в СССР нет. На Фенноскандинавском щите их исследованием занимались: В.С. Куликов, В.В. Куликова, В.Я. Горьковец, М.Б. Раевская, С.И. Рыбаков, С.А. Светов и др. (ИГ КарНЦ РАН); А.Б. Вревский (ИГГД РАН); А.В. Гирнис, И.Д. Рябчиков, И.С. Пухтель (ИГЕМ РАН); В.Ф. Смолькин (ГИ КНЦ РАН); Я.В. Бычкова и др. (МГУ), Х. Папунен, Т. Мутанен, М. Саверико, Е. Хански, И. Рясанен и др. (Финляндия); Л. Клаессон и др. (Швеция); Х. Хенриксен, С. Барнес и др. (Норвегия). В СССР породы коматиитовой серии активно изучались в Сибири, КМА, Украине и др. р-нах.

В 1987 г. в р-не оз. Волоцкого, Архангельская обл., В.В. Куликовой и Я.В. Бычковой обнаружены интенсивно метаморфизованные коматииты и коматиитовые базальты в палеоархейских образованиях Водлозёрского блока, информация опубликована в 1989 г. Этот блок выделен в современном виде В.С. Куликовым и др. в 1989 г. на основе интерпретации прежних данных как

древнейшее ядро континентальной коры, окружённое архейскими зеленокаменными поясами. В работах ряда исследователей он получил название «домен» и стал местом повышенного интереса многих геологов: ИГД РАН (С.Б. Лобач-Жученко и др.), ИГЕМ РАН (А.К. Симон, А.В. Гирнис, И.С. Пухтель, А.В. Самсонов и др.) и др. Изотопные возрасты, выполненные в разные годы С.А. Сергеевым, И.С. Пухтелем и др., дискуссионны, их значение меняется в процессе получения новых геологических материалов. По совокупности данных В.В. Куликова и др. объединили метаморфизованные мафит-ультрамафитовые вулканиды в древнейшую на Фенноскандинавском щите волоцкую свиту.

В монографии [1] впервые для территории СССР сведены данные по коматиитовому магматизму Фенноскандинавского щита. Здесь в стекловатых высокомагнезиальных вулканидах Ветреного Пояса обнаружены структуры спинифекс, образованные дендритами и пластинками оливина и иголками клинопироксена, замещёнными вторичными минералами, названные тогда псевдоинтерсертальными. Впервые в мире структуры воспроизведены в лабораторных условиях В.С. Куликовым и Ю.К. Калинин (1971) из высокомагнезиальных базальтов с  $MgO \approx 16\%$  при  $P=1$  атм. и  $T=1400-1100^\circ C$ . Отсутствие в советской петрологической литературе описаний таких структур (Половинкина, 1966) привело к сомнению ряда исследователей в достоверности результатов.

В 1996 г. высказана (Grove, de Wit, Parman) идея о коматиитах как производных «водной магмы» с большим (около 6 %) количеством воды, температура которой на  $300-400^\circ C$  ниже принятой ( $1500-1600^\circ C$ ). Дальнейшее развитие исследований коматиитового магматизма Фенноскандии нашло отражение в работах С.А. Светова и А.Б. Вревского. В 2008 г. вышла монография [14], где российским коматиитовым породам уделено очень скромное место: Костомукша и Гунгурча (архей), Ветренный Пояс (палеопротерозой). Эта работа подвела итоги 40-летнего изучения коматиитов в зарубежных странах и стала настольной книгой петрологов. В ней уделено внимание и другим высокомагнезиальным вулканидам, в частности, коматиитовым базальтам. Они подразделены на 3 группы: 1 – продукты фракционирования при кристаллизации коматиитовой магмы; 2 – результат кристаллизации и контаминации коровым веществом высокомагнезиального расплава, 3 – продукты независимого плавления мантии.

В ЮВ части Фенноскандинавского щита наиболее подходящими по структурам и составу являются коматиитовые базальты Ветреного Пояса: система Голец – Руйга (вулкан – подвулканная камера) [3, 4, 7], лавовое оз. Виктория (Левгора) [2, 18, 19], лавы Синегорья (г. Мяндуха), некоторые интрузивы Выжига [5], Центр. Карелии (Койкары) и Зап. Карелии (Костомукша). Авторами также использована коллекция В.С. Куликова структур спинифекс из Ю. Африки (Барбертон), Канады, Австралии и Финляндии. Наиболее широко эти породы развиты в Ветреном Поясе на площади более 5 тыс. км<sup>2</sup> при мощности лав до 5 км. Они часто сохраняют первичные минералы (оливин, авгит, пижонит, лабрадор, хромит, сульфиды и аксессуарии) и характерные структуры (оливиновый, оливин-пироксеновый и пироксеновый спинифекс и микроспинифекс для основной части покровов и потоков, порфировую – для кумулятов) (рис. 2).

На диаграмме TAS (рис. 3) они образуют узкое поле составов коматиитовой серии, отделённое от поля бонинитовой серии. Авторы считают, что их следует относить к 2-й группе по [14], т.к. они не имеют пространственной связи с одновозрастными коматиитами, но несут следы интенсивной контаминации первичного коматиитового расплава: обогащение литофильными элементами, отрицательные значения  $\epsilon Nd$ , ксеногенные архейские цирконии в лавовых покровах, оторочки цирконов на зёрнах бадделейта в подвулканных интрузивах (Руйга, Выжига и др.), телах крупных даек (о-ва Деда в Онежском оз., дайки вдоль регионального разлома по траверзу

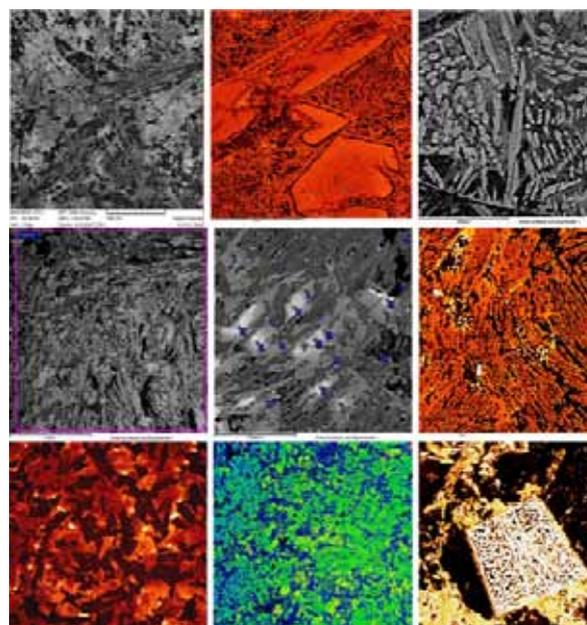


Рис. 2. Структуры спинифекс в палеопротерозойских лавах: 1-я строка – г. Левгора (справа – структура спинифекс в расплавленном включении в оливине; 2-я строка – г. Голец (в центре – церит на плагиоклазе); 3-я строка – г. Мяндуха (справа – титаномagnetит) [2, 3, 6].

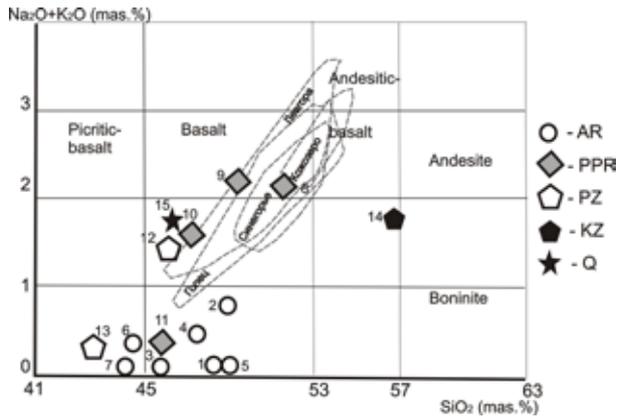
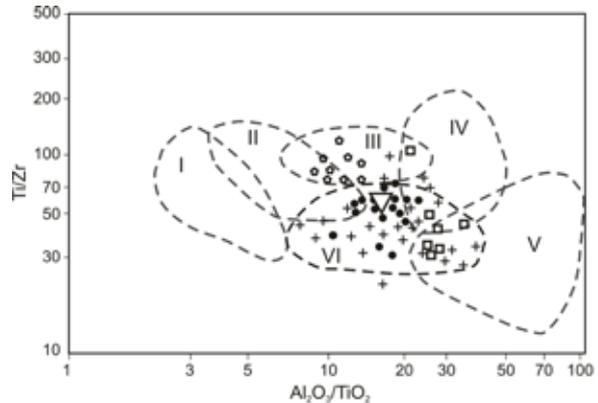


Рис. 3. Диаграмма  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  для типов высокомагнезиальных магм. I. Коматиитовый [1] – в AR зеленокаменных поясах: 1 – Барбертон, 2 – Белингве, 3 – Абитиби, 4 – Норсеман-Вилуна, 5 – Койкарский, 6 – Костамукшский, 7 – Кумбуксинский. II. «Ветренитовый» – в PR<sub>1</sub> интракратонных рифтах [1, 13, 14]: 8 – Ветренный Пояс (гг. Голец, Левгора, Синегорье), 9 – Гильмор (Канада) и пикритовый в отдельных структурах: 10 – Онежский, 11 – Печенгский. III. В PZ интракратонных рифтах: 12 – пикритовый норильский, 13 – меймечитовый [13]. IV. 14 – бонинитовый в KZ вулканических дугах [10]. V. 15 – гавайский в современных океанических о-вах (пикритовый [13]).

С. Водла – Водла и др.). Образовавшаяся в результате контаминации магма по основным параметрам ( $\text{MgO} < 18\%$ ,  $\text{SiO}_2 > 50\%$ ) не соответствует коматииту и должна иметь собственное название, например, «ветренитовая». На диаграмме  $\text{Ti/Zr} - \text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  [20] составы палеопротерозойских коматиитовых базальтов образуют самостоятельное поле «финальных» расплавов (рис. 4) с повышенным содержанием щелочей и лёгких РЗЭ (особенно Се, рис. 2) [4]. Главные параметры «ветренитовой» магмы:  $\text{MgO}$  9-18 %,  $\text{TiO}_2$  0.5-1.0 % (рис. 5),  $\text{SiO}_2 < 53\%$ . По  $\text{SiO}_2$  и нижнему значению  $\text{TiO}_2$  она граничит с бонинитовой, по верхнему значению  $\text{MgO}$  – с коматиитовой.

Рис. 4. Диаграмма  $\text{Ti/Zr} - \text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  [20] для некоторых пород палеопротерозоя Фенноскандии [1, 17]. Коматиитовые базальты Ветреного Пояса, 2 – мафит-ультрамафиты интрузива Руйга, 3 – дайки «бонинитов» - габброноритов, 4 – дайки низкотитанистых толеитов Финляндии, 5 – поля вулкаников: I – океанические о-ва, II – континентальные платобазальты, III – MORB, IV – океанические дуги, V – бониниты; VI – породы, образовавшиеся из «ветренитовой» магмы (по авторам).



На петрохимических диаграммах (TAS,  $\text{MgO}-\text{TiO}_2$ ,  $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ ,  $\text{Ti/Zr}-\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  и др.) периферийные зоны полей составов пород этих магм иногда перекрываются (рис. 4-5). Средний (без учёта летучих) химический состав «ветренитовой» магмы по 140 лавовым покровам трёх участков Ветреного Пояса, удалённых друг от друга на 80-120 км (%):  $\text{SiO}_2$  - 51.45,  $\text{TiO}_2$  - 0.62,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 12.0,  $\text{FeO}$  - 10.4,  $\text{MnO}$  - 0.19,  $\text{MgO}$  - 14.15,  $\text{CaO}$  - 8.96,  $\text{Na}_2\text{O}$  - 1.7,  $\text{K}_2\text{O}$  - 0.46,  $\text{P}_2\text{O}_5$  - 0.07. Авторами изучены расплавные включения в оливинах кумулятивной зоны г. Б. Левгора (рис. 2) [2, 5, 6 и др.], которые оказались близки приведённому составу:  $\text{SiO}_2$  - 47.06 → 52.05;  $\text{TiO}_2$  - 0.54 → 0.75;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 17.62 → 16.52;  $\text{FeO}$  - 10.26 → 6.92;  $\text{MgO}$  - 9.08 → 14.61;  $\text{CaO}$  - 9.13 → 5.54;  $\text{Na}_2\text{O}$  - 2.65 → 2.40;  $\text{K}_2\text{O}$  - 0.32 → 0.42;  $\text{MnO}$  - 0.38 → 0.42;  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  - 5.07. Состав «оболочки» (клинопироксена – ?) включения:  $\text{SiO}_2$  - 49.88 → 48.23;  $\text{TiO}_2$  - 0.92 → 0.67;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 8.86 → 10.56;  $\text{FeO}$  - 7.16 → 13.81;  $\text{MnO}$  - 0.44;  $\text{MgO}$  - 13.78 → 19.46;  $\text{CaO}$  - 19.40 → 6.83.

Выполнены исследования включений в хромитах. Их неоднородность и содержание в крайних частях до 20 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  создают трудности для оценки состава расплавов, из которых начинал кристаллизоваться хромит. При пересчёте на бесхромовый вариант получены составы, в среднем соответствующие низкомагнезиальным коматиитовым базальтам (НКБ, вес. %):  $\text{SiO}_2$  48.22-50.32;  $\text{TiO}_2$  0.61-1.06;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  13.01-16.15;  $\text{MnO}$  0.18-0.28;  $\text{FeO}$  8.69-13.96;  $\text{MgO}$  8.64-12.82;  $\text{CaO}$  7.61-13.09;  $\text{Na}_2\text{O}$  1.78-1.95;  $\text{K}_2\text{O}$  0.15-0.35. Сравнение с измеренными составами основной массы кумулята показало во включениях более широкий спектр элементов (Ni, Mn, P и др.) до 1.6 % в сумме и говорит о примитивном составе остаточного стекла после кристаллизации хромитов, оливина и пироксена. Микроэлементы (ppm): Cr - 1435, V - 200, Co - 66, Ni - 310, Zr - 65, Hf - 1.0, Ta - 1.0, Nb - 2.8, Sc - 31, Y - 15, Sr - 180, Rb - 6, Ba - 137, Pb - 1.6, Ga - 17, Zn - 80, Cu - 89, U - 0.22, Th - 0.98, La - 8.4, Ce - 17.2, Pr - 2.44, Nd - 9.49, Sm - 2.19, Eu - 0.7, Gd - 2.3, Tb - 0.38, Dy - 2.46, Ho - 0.5, Er - 1.47, Tm - 0.2, Yb - 1.35, Lu - 0.19.

Многолетние исследования [1, 3, 5, 7, 9] позволили выделить среди высокомагнезиальных ( $MgO > 10\%$ ) магм нормальной щелочности 4 типа: коматиитовый ( $MgO > 18\%$ ,  $TiO_2 < 1\%$ ), меймечитовый ( $MgO > 18\%$ ,  $TiO_2 > 1\%$ ), бонинитовый ( $MgO > 8\%$ ,  $TiO_2 < 0.5\%$ ,  $SiO_2 > 53\%$ ) и пикритовый ( $MgO > 12\%$ ), хотя место коматиитовых базальтов однозначно не определено. Одни исследователи [5] относят их к коматиитовой, другие [4] – к бонинитовой магме. Авторы рассматривают магмы как природные расплавы, содержащие не более 10% кристаллов, твёрдых частиц и газовых компонентов, что в международной классификации изверженных горных пород нередко используется в качестве рубежа между отдельными видами мафит-ультрамафитов. По классификации Н. Арндта, авторы относят коматиитовые базальты Ветреного Пояса ко 2-му типу.

С использованием [5] установлено, что при формировании родоначальных магм [8] коматиитовой серии фашиями глубинности могли быть: для ЮВ Фенноскандии – катаклазированные дуниты (AR) и коэситовая ( $PR_1$ ), для ЮАР – коэситовая, для Канады – катаклазированные дуниты (AR) (рис. 4). Возможно, это аргумент в пользу того, что в AR мантия была значительно ближе к поверхности, чем в  $PR_1$ . Но они требуют дополнительного анализа (рис. 8).

На диаграмме  $Zr/Y-Nb/Y$  породы «ветренитовой» магмы ЮВ Фенноскандии образуют тренд от примитивной мантии к AR коре. Это подтверждает гипотезу о её образовании в результате контаминации плюмовых расплавов коматиитов коровым материалом [19], в т. ч. реликтовыми изменёнными цирконами с возрастом 3.8-2.6 млрд. лет в покрове коматиитовых базальтов № 7 (обр. 4114) на г. Мяндуха (данные авторов, В.Ф. Смолькина, Е.В. Шаркова). «Ветренитовая» магма – материнская для лавовых покровов в палеопротерозойских рифтах (Ветренный Пояс, Имандра-Варзута, Кейп Смит и др.), норитовых и габброноритовых даек Финляндии, Карелии, Гренландии и Канады, а также расслоенных мафит-ультрамафитовых массивов Фенноскандинавского и Канадского щитов.

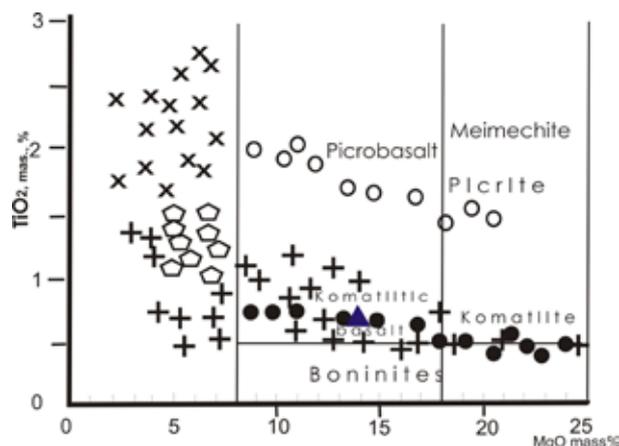


Рис. 5. Диаграмма  $MgO - TiO_2$  для палеопротерозойских даек на территории Кухмо (Финляндия) и Российской Карелии. 1 – пикробазальты Онежской структуры, 2 – коматиитовые базальты палеорифта Ветренный Пояс, 3 – ферротолиты блока Кухмо, 4 – высокотитанистые толеиты блока Кухмо, 5 – бониниты-габбронориты блока Кухмо, 6 – бониниты [16].

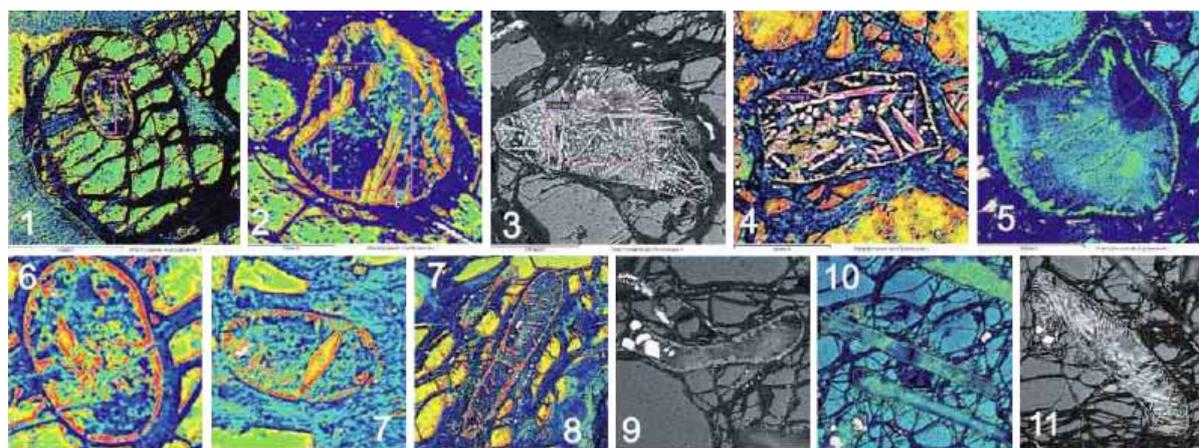


Рис. 6. Расплавные включения в оливинах коматиитовых базальтов [2].

Авторы считают необходимым рассматривать этот тип контаминированных высокомагнезиальных магм ( $MgO 9-18\%$ ,  $TiO_2 0.5-1\%$ ), слагающих Ветренный Пояс ( $> 5000 \text{ км}^2$ ), как «ветренитовый». Предлагаемое название объективно характеризует петрохимический тип и закономерное звено в ряду высокомагнезиальных магм: коматиитовая ( $Mg > 18\%$ ,  $TiO_2 < 1\%$ ), ветренитовая ( $Mg 9-18\%$ ,  $TiO_2 0.5-1\%$ ), бонинитовая ( $Mg > 8\%$ ,  $TiO_2 < 0.5\%$ ), меймечитовая ( $Mg > 18\%$ ,  $TiO_2 > 1\%$ ). Это может говорить о формировании в подвудканной камере специфических расплавов, сильно кон-

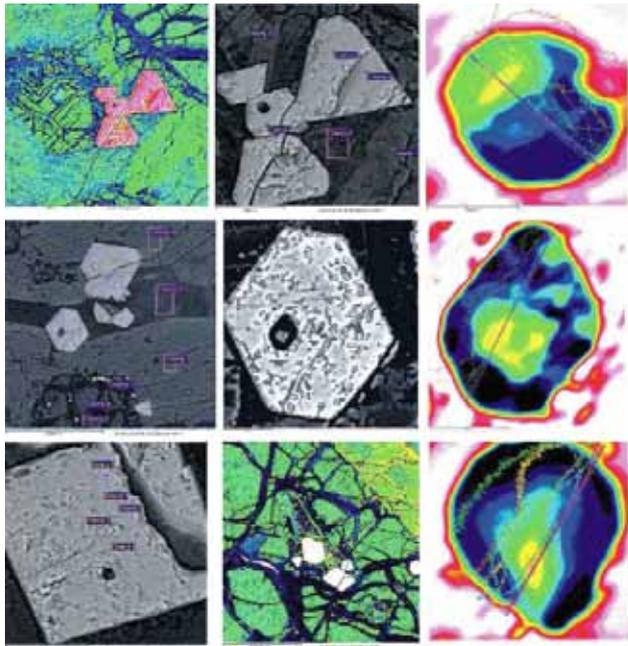
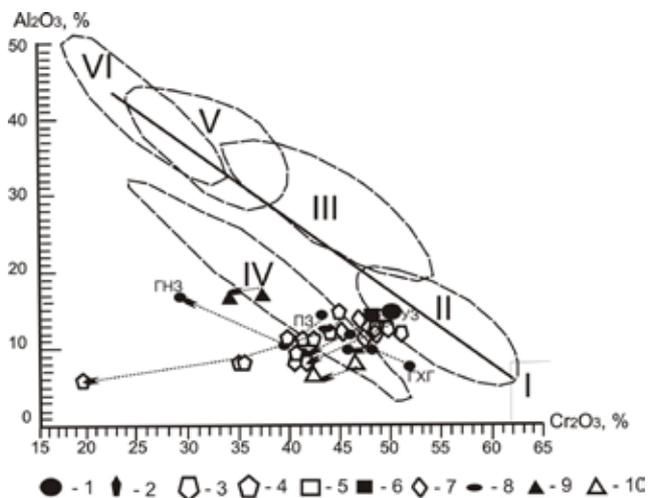


Рис. 7. Расплавные включения в хромитах коматиитовых базальтов [5, 6].

причину широкого распространения бонинитовых вулканитов в фанерозое, а их интрузивных комагматов – в расслоенных интрузивах и дайках палеопротерозоя, проявления островодужной бонинитовой магмы во внутриплитных магматитах на архейской континентальной коре.

Рис. 8. Составы хромшпинелидов на диаграмме  $Al_2O_3 - Cr_2O_3$  в мафит-ультрамафитах. Палеопротерозой: 1 – Бураковский глубинный плутон (зоны: УЗ – ультраосновная, ПЗ – перидотитовая, ГНЗ – габброноритовая, ГХГ – главный хромитовый горизонт). Среднеглубинные интрузивы: 2 – Выжига, 3 – Сенегозеро, 4 – подвулканная камера Руйга. Вулканиты участков: 5-6 – Левгора (5 – в расплавных включениях, 6 – в породе), 7 – Голец, 8 – Мяндуха. Архейские коматииты: 9 – Канада, 10 – ЮВ Фенноскандинавского щита (р. Кумбукса). Фации глубинности: I – алмаз-хромпироповая, II – коэситовая, III – гроспидитовая, IV – катаклазированных дунитов, V – шпинель-пиррововая, VI – шпинель-пироксеновая [8].



«Ветренитовая» магма имеет максимальное распространение в палеопротерозое и отражает направленность развития высокомагнезиального магматизма в истории Земли от архея (коматиитовый) к раннему палеопротерозою («ветренитовый»), позднему палеопротерозою-фанерозою (пикритовый и меймечитовый) и кайнозойю (бонинитовый). С «ветренитовым» магматизмом связаны крупные месторождения Cr, Ni, Cu, ЭПГ и др. металлов в расслоенных плутонах палеопротерозоя. Основной процесс контаминации коматиитового расплава осуществлялся в головной части плюмов (на ЮВ Фенноскандинавского щита – Ветренный Пояс, на СВ – Кольский п-ов [15]) при достижении ими нижней границы архейской коры. Последняя фактически плавала по высокомагнезиальной магме, активно взаимодействуя с ней. Реликты подобных мантийных плюмов можно наблюдать на сейсмогеологических разрезах современной литосферы на глубинах 30-40 км в виде переходного слоя кора-мантия ( $V_p = 7.1-7.7$  км/сек) [12].

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 09-05-000376а.

таминированных неоархейским коровым материалом. Они характеризуют особенности магматических камер: положение, вмещающие породы, активность диффузионных процессов и т.д., и могут быть названы собственными (региональными) именами. На основании измерений и пересчётов установлено, что материнские расплавы близки верхней брекчированной зоне лавового озера [19] и отвечают низкомагнезиальным комагмитовым базальтам. Расплавные включения отличаются от пород бонинитовой серии [11]:  $SiO_2 (> 53 \%)$  и  $TiO_2 (< 0.5 \%)$ .

Представление некоторых исследователей о формировании этих интрузивов за счет бонинитовой магмы можно рассматривать как недоразумение из-за недостаточной изученности высокомагнезиальных вулканитов – комагматов расслоенных интрузивов и расширительного толкования параметров бонинитовой магмы (граничных значений  $TiO_2$ ,  $SiO_2$  и др.). Оценка материнской магмы в качестве «ветренитовой» снимает ряд трудных вопросов, в частности,

## Список литературы

1. Коматииты и высокомагнезиальные вулканы раннего докембрия Балтийского щита / Куликов В.С., Гирнис А.В., Горьковец В.Я. и др. Л.: Наука, 1988, 185 с.
2. Куликов В.С., Куликова В.В., Бычкова Я.В. Расплавные включения в оливинах лавового оз. Виктория палеопротерозойского рифта Ветреный Пояс, ЮВ Фенноскандия // Матер. междунар. семинара «Структура и разнообразие минерального мира». Сыктывкар: Геопринт, 2008. С. 57-60.
3. Куликов В.С., Куликова В.В., Бычкова Я.В. и др. К вопросу о классификации мафит-ультрамафитовых петрохимических серий, типов магм и породных ассоциаций нормальной щелочности // Матер. IV Всерос. симп. по вулканологии и палеовулканологии. Т. 1. П.-Камчатский: ИВС ДВО РАН, 2009. С. 136-140.
4. Куликова В.В., Куликов В.С., Бычкова Я.В. К вопросу о вулcano-плутонической системе «вулкан Голец – интрузив Руйга» // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 10. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. С. 69-81.
5. Куликова В.В., Куликов В.С., Бычкова Я.В. и др. Некоторые особенности составов хромшпинелидов палеопротерозойского ультрамафит-мафитового интрузива Выжига, ЮВ Фенноскандия // Матер. Всерос. конф. Петрозаводск, 12-15 нояб. 2007. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. С. 220-222.
6. Куликова В.В., Куликов В.С., Бычкова Я.В. Расплавные включения в оливинах и хромитах коматиитовых базальтов палеопротерозойского рифта Ветреный пояс, ЮВ Фенноскандия // Тез. докл. Фёдоровской науч. сессии. СПб.: СПГИ (ТУ), 2008. С. 74-77.
7. Петрохимические серии магматических пород: анализ состояния и проблемы / Куликова В.В., Куликов В.С., Ефремова С.В. и др. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. 115 с.
8. Соболев В.С., Соболев Н.В. О хrome и хромсодержащих минералах в глубинных ксенолитах кимберлитовых трубок // Геол. рудных месторождений. 1967. № 2. С. 18-37.
9. Типы магм и их источники в истории Земли. Ч. 1 / Богатиков О.А., Богина М.М., Шарков Е.В. и др. М.: ИГЕМ РАН, 1981. 398 с.
10. Шараськин А.Я. Идзу-Бонинская, Волкано и Марианская дуги // Петрология и геохимия островных дуг и окраинных морей. М.: Наука, 1987. С. 96-118.
11. Шарков Е.В., Трубкин Н.В., Красивская И.С. и др. Особенности строения и состава древнейшего вулканического стекла в бонинитоподобных лавах раннего палеопротерозоя Ю. Карелии // Петрология. 2004. Т. 12. № 3. С. 264-280.
12. Шаров Н.В., Куликов В.С., Куликова В.В. и др. Сейсмогеологическая характеристика земной коры приграничного района Архангельской обл. и Карелии // Геол. журнал. 2010. Т. 32. № 3. С. 3-17.
13. Ультраосновные породы / Ред. Е.Е. Лазько, Е.В. Шарков. М.: Наука, 1988. 509 с.
14. Arndt N.T., Leshner S.M., Barnes S.J. Komatiite. New York, Cambridge, 2008. 467 p.
15. Bayanova T., Ludden J., Mitrofanov F. Timing and duration of Palaeoproterozoic events producing ore-bearing layered intrusions of the Baltic Shield: metallogenic, petrological and geodynamic implications London // London Geol. Soc. Spec. Publ. 2009. V 323. P 165-198.
16. Le Bas M.J. IUGS reclassification of the high-Mg and picritic volcanic rocks // J. Petrol. 1981. V 15. N 10. P 1467-1470.
17. Vuollo J., Huhma H. Paleoproterozoic mafic dikes in NE Finland // Lehtinen M., Nurmi P.A., Ramo O.T., eds. Precambrian geology of Finland – key to the evolution of the Fennoscandian shield. Amsterdam: Elsevier, 2005. P 195-236.
18. Puchtel I.S., Hofmann A.W., Mezger K. et al. Petrology of 2.41 Ga remarkably fresh komatiitic basalt lava in Lion Hills, central Vetreney Belt, Baltic Shield // Contrib. Mineral. 1996. V 124. P 273-290.
19. Puchtel I.S., Haase K.M., Hofmann A.W. et al. Petrology and geochemistry of crustally contaminated komatiitic basalts from the Vetreney Belt, SE Baltic Shield: Evidence for an early Proterozoic mantle plume beneath rifted Archean continental lithosphere // Geochim. Cosmochim. Acta. 1997. V 61. P 1205-1222.
20. Wilson A.N., Versfeld J.A. The Early Archaean Nondweni greenstone belt, southern Kapvaal Craton, S. Africa. Pt II. Characteristics of the volcanic rocks and constraints on magma genesis // Precambrian Res. 1980. V 67. P 227-320.

## О генезисе параморфического кианита в месторождениях Кейв

Нерадовский Ю.Н.

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

## On the genesis of paramorphic kyanite in the Keivy deposits

Neradovsky Yu.N.

*В статье оспаривается гипотеза параморфического генезиса кианита в месторождениях Кейв. По наблюдениям, в рудах месторождения Н. Шуурурта предлагается механизм метасоматического роста кианита в форме крестообразных двойников или сростков.*

*The article doubts the hypothesis of the paramorphic genesis of kyanite in the Keivy deposits. Observations of the ores of the New Shuururta deposit gave an idea of the metasomatic growth of kyanite as cross-like duplets or aggregates.*

В кейвских кристаллических сланцах выделены пять разновидностей кианита [1]: 1. параморфозы по андалузиту (хиастолиту), 2. тонкопризматический кианит ориентированных агрегатов, 3. тонковолокнистый кианит конкреционных агрегатов, 4. идиобластический кианит из зон контакта с метабазами, 5. кианит из зон повторной перекристаллизации. Первые три – главные морфотипы в кейвских кианитовых рудах. Их генетические особенности детально не исследовались. Наблюдения параморфоз на месторождении Н. Шуурурта показывают, что необходимо дальнейшее исследование этого вопроса.

Параморфозы кианита по андалузиту (хиастолиту) представляют собой столбчатые агрегаты размером 1-40 см и толщиной до 5 см, хаотически рассеянные в криптокристаллической слюдисто-кварцевой массе сланца. В поперечном сечении они изометричны, имеют форму квадрата или креста, в продольном разрезе обычно имеют структуру «песочных часов» (рис. 1).

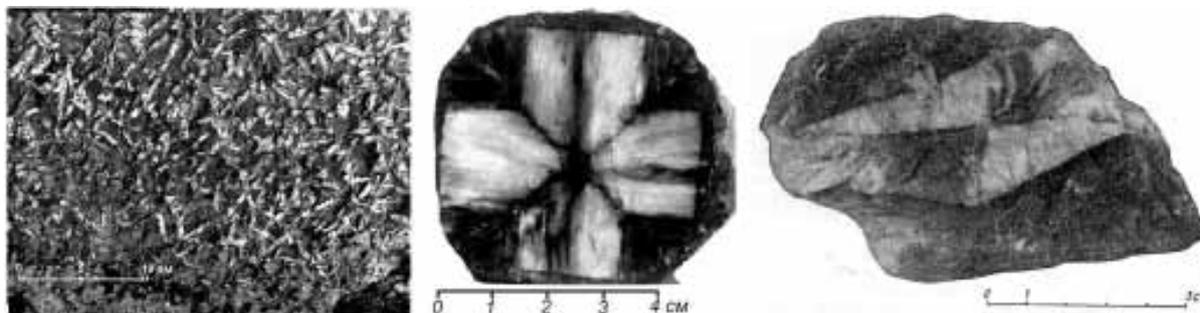


Рис. 1. Слева: выделения параморфического кианита (белое) в сланце; в центре: крестообразное сечение параморфозы кианита [1]; справа: структура «песочных часов» в продольном сечении [1].

Характерно присутствие графита, закономерно распределённого между зёрнами кианита. Возникновение подобных фигур связано с различной абсорбционной способностью граней призм  $\{110\}$  и пинакоида  $\{001\}$  растущего кристалла хиастолита и с изменением режима его роста (рис. 2 а-з) [1].

Закономерные включения углеродистого вещества в параморфозах, сходные с фигурами его распределения в хиастолите, дали основание рассматривать такие агрегаты как параморфозы по андалузиту [1, 2, 4, 5]. Но андалузит в кейвских сланцах не обнаружен, а структура сростков кианита в параморфозах не соответствует параморфическому замещению, что позволяет сомневаться в существующей гипотезе генезиса параморфического кианита. Морфология параморфоз в поперечном и продольном сечениях более соответствует росту кианита из одного центра в виде крестообразных сростков или расщеплённых кристаллов, что не характерно для монокристаллов андалузита (рис. 2, внизу). Распределение углеродистого вещества в кианитовых парамор-

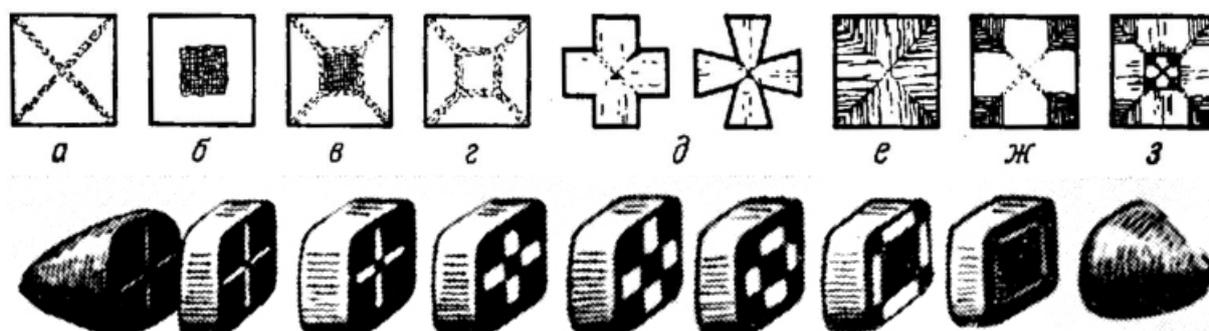


Рис. 2. Распределение углерода в параморфозах кианита-1 [1] и кристалле хиастолита-2 [3].

фозах также не идентичны таковым в хиастолите. В последнем отсутствуют диагональные кресты, свойственные только кианиту. В ранних работах отсутствует исследование разрезов параморфоз по удлинению, приведены их случайные сечения. Поэтому невозможно проследить изменения формы включений примесей в кианите. Остаётся загадкой розовый цвет кианита в параморфозах (рис. 3), на свету переходящий в белый [1].

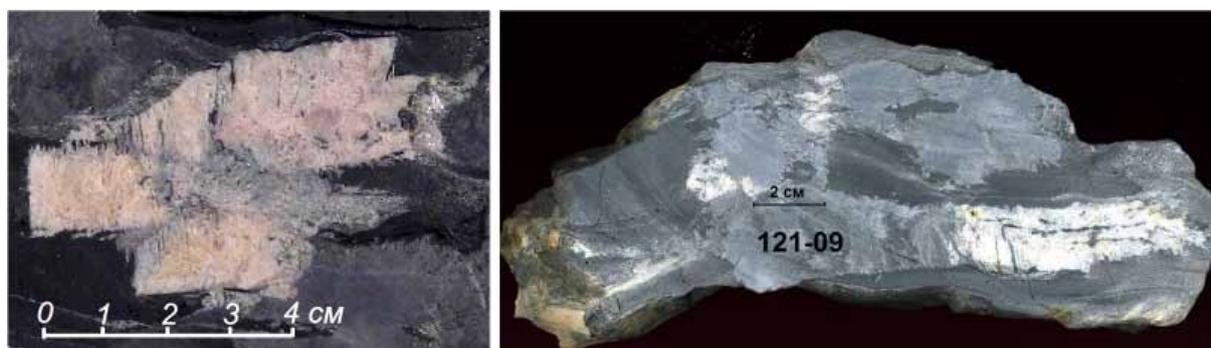


Рис. 3. Слева: продольный разрез параморфозы, виден розовый цвет кианита, угадывается структура «песочных часов», видно замещение кианита кварцем и мусковитом (серо-белое); справа: метасоматический рост агрегата параморфического кианита (белое) с конкреционным кианитом (серое). Месторождение Н. Шуурурта. Колл. Ю.Н. Нерадовского.

Строение параморфоз более соответствует первичному росту кианита в форме крестообразных двойников или сростков. Об этом свидетельствуют также признаки метасоматического образования параморфического кианита в ассоциации с конкреционным кианитом (рис. 3).

#### Список литературы

1. Бельков И.В. Кианитовые сланцы свиты Кейв. Геологическое строение, кристаллические сланцы и кианитовые руды. М.-Л.: изд-во АН СССР, 1963. 321 с.
2. Кумари Н.А. Генезис кейвских кианитов // Изв. АН СССР. 1937. № 5.
3. Минералы. Справочник. Т. III. М.: Наука, 1972.
4. Тюшов Н.В. Кианитовые месторождения кейвской свиты сланцев // Большие Кейвы. Тр. Ленгеолуправления № 5. М.-Л.: Гостоптехиздат, 1940.
5. Харитонов Л.Я. Кианитоносные породы Кейв и их характеристика // Большие Кейвы. Тр. Ленгеолуправления № 5. М.-Л.: Гостоптехиздат, 1940.

## Распределение и происхождение газообразных алканов в минералах нефелин-сиенитовых массивов

Нивин В.А.

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

## Distribution and origin of gase-like alkanes in minerals of nepheline-syenite massifs

Nivin V.A.

*Изучены соотношения метана и его гомологов во флюидных микровключениях минералов Хибинского и Ловозёрского щелочных массивов. Экстракция углеводородных газов (УВГ) для последующего хроматографического анализа осуществлялась путём механического измельчения образцов. Выявлены значительные различия молекулярно-массового распределения (ММР) газообразных алканов в ассоциирующих и одноимённых минералах в зависимости от геологического положения образцов. Установлено утяжеление состава УВГ по мере снижения температуры и захвата флюидных включений в ходе преобразования первичных магматических минералов и формирования более поздних, с нарастанием интенсивности постмагматических процессов, а также в направлении от массивных хибинитов на периферии и фойяитов ядерной части к центральной кольцевой структуре в Хибинах и с уменьшением глубины в вертикальном разрезе Ловозёрского массива. Полученные результаты в совокупности с другими геохимическими данными предполагают полистадийность генерации и преобразования углеводородов, начиная с магматического и вплоть до низкотемпературного гидротермального этапа формирования массивов.*

*Ratios of methane and its homologues in fluid micro-inclusions of minerals from the Khibiny and Lovozero alkaline massifs were studied. Extraction of hydrocarbon gases (HCG) for subsequent chromatographic analysis was carried out by bulk method of sample crushing. Considerable distinctions in molecular-weight distribution (MWD) of gaseous alkanes were found in associating and the same minerals depending on geological position of the samples. A relative weighting of HCG compositions was revealed (i) during temperature decreasing and fluid inclusion capturing at the time of transformation of primary magmatic and formation of later minerals, (ii) under intensification of postmagmatic processes, as well (iii) from peripheral massive khibinites and core foyaites to the central ring structure in Khibiny and (iiii) bottom-up along vertical section across the Lovozero massif. Findings, coupled with other geochemical data, suggest polyphasic generation and conversion of hydrocarbons from magmatic and up to low-temperature hydrothermal stage of the massif formation.*

Условия формирования и характер эволюции преобладающей углеводородной составляющей газовой фазы в нефелин-сиенитовых комплексах долгое время являются предметом дискуссий. В качестве одного из подходов к пониманию этих вопросов предлагается изучение соотношений метана и его гомологов, окклюдированных преимущественно во флюидных включениях минералов. Далее рассмотрены вариации газообразных углеводородов метанового ряда в минералах Хибинского и Ловозёрского интрузивов, отличающихся, наряду с массивом Илимаусак в Гренландии, необычно высокими для магматитов концентрациями.

**Объекты, образцы и методика исследований.** Широкая известность Хибинского и Ловозёрского щелочных массивов позволяет ограничиться здесь минимальными сведениями о них.

Хибинский интрузив имеет асимметричное зонально-концентрическое строение и сложен преимущественно нефелиновыми сиенитами, разделёнными на две приблизительно равные по объёму части: внешнюю (массивные и трахитоидные хибиниты) и внутреннюю (лявочорриты и фойяиты). В Центральную кольцевую структуру помимо уртитов, ийолитов, мельтейгитов и ювитов обычно включаются обогащённые калием специфические нефелиновые сиениты – риччорриты. С ней пространственно и генетически связаны месторождения апатито-нефелиновых руд и карбонатитовый комплекс пород.

В Ловозёрском массиве преимущественным развитием пользуются породы дифференцированного комплекса (ДК), сложенного многочисленными (до 200) пологозалегающими, ритмически чередующимися горизонтами (слоями) дуявритов, фойяитов и уртитов. Здесь же в основном сосредоточены рудные (лопаритовые) залежи, считающиеся раннемагматическими. В подчинённых количествах в состав комплекса входят также ювиты, ийолиты и малиньиты. Для маркирующих уртитовых и ниже залегающих дуявритовых горизонтов, на зону контакта которых обычно приходится максимум рудной минерализации, принята номенклатура, включающая номер серии (сверху вниз по разрезу комплекса) и порядковый номер горизонта от верхней границы серии.

Включения УВГ в минералах при комнатной температуре под микроскопом чаще всего выглядят однофазовыми, имеют в основном субизометрическую округлую, реже вытянутую трубчатую или неправильную форму. Газово-жидкие включения встречаются сравнительно редко. Особенности распределения позволяют отнести большинство флюидных микровключений к вторичным.

Автором собраны и систематизированы данные хроматографических анализов УВГ в минералах нефелин-сиенитовых, накопленные в Геологическом институте КНЦ РАН в ходе более чем полувековых исследований. Большинство эти анализы в том или ином виде опубликованы ранее [1, 3, 6, 9-11]. Но при их интерпретации, за редким исключением, соотношения углеводородных компонентов внимания почти не уделялось.

Вскрытие флюидных включений и извлечение газов из мономинеральных фракций для хроматографического анализа осуществлялись валовым методом механического измельчения образцов [4]. Метан и этан определялись во всех изученных образцах (332, в т.ч. 219 хибинских и 113 ловозёрских), более тяжёлые ( $C_3 - C_5$ ) алканы – лишь в части из них.

**Результаты и обсуждение.** Удельное содержание метана, определяющее газонасыщенность минералов, изменяется от 0.04 до 120.1  $см^3/кг$  (табл.). Концентрации этана в 2-70 раз меньше, а доля алканов с увеличением их молекулярной массы закономерно снижается до 5 порядков по сравнению с метаном. Значительные вариации отношения метана к этану (ОМЭ), характерные даже для одного минерала, контролируется не порядком магматической или более поздней кристаллизации минералов, а отражает снижение границы температурного интервала газообразования, постмагматических преобразований минералов и захвата флюидных включений [6]. Отсюда можно предположить, например, что среди хибинских минералов наиболее высокотемпературные и большей частью

Таблица. Вариации газонасыщенности и соотношений метана и этана в минералах.

Минерал	Кол-во образцов	$CH_4, 10^{-3} см^3/г$			$CH_4/C_2H_6$		
		От	До	Среднее	От	До	Среднее
<i>Хибинский массив</i>							
Афвездсонит	4	1.4	21.5	5.5	26.0	74.3	72.0
Магнетит	4	5.8	52.1	30.8	32.2	108	70.7
Энигматит	4	19.1	39.2	32.4	47.3	117	67.8
Клинопироксен <sup>1)</sup>	34	0.06	32.8	5.3	3.9	220	63.1
ЩПШ <sup>2)</sup>	24	0.04	80.0	7.3	18.9	222	49.1
Нефелин	98	0.1	151	32.7	12.4	170	37.1
Титанит	7	0.9	10.2	6.6	17.9	94.0	35.2
Лопарит	3	0.01	0.02	0.02	22.7	41.2	22.7
Кальцит	2	0.2	0.4	0.3	15.9	23.8	19.8
Апатит	19	0.06	5.1	0.3	6.9	35.9	14.1
Содалит	2	0.8	66.4	33.6	1.6	21.1	11.4
Виллиомит	1	2.0	2.0	2.0	6.8	6.8	6.8
Эвдиалит	16	0.4	72.4	19.0	4.5	33.2	6.6
Катаплеит	1	0.1	0.1	0.1	1.8	1.8	1.8
<i>Ловозёрский массив</i>							
ЩПШ	34	0.02	105.8	17.9	8.1	133	33.3
Клинопироксен <sup>1)</sup>	20	0.06	8.9	1.7	3.5	107	30.6
Содалит	19	0.8	151.3	44.7	4.2	31.0	17.2
Нефелин	24	2.5	83.3	22.2	5.0	73.2	14.7
Цеолиты	6	0.2	55.1	2.9	10.8	14.0	12.6
Эвдиалит	1	23.1	23.1	23.1	11.2	11.2	11.2
Виллиомит	2	0.01	3.7	1.8	3.7	16.8	10.3
Лопарит	7	0.03	0.16	0.04	5.3	11.9	7.6

Примечания: 1 – большей частью с примесью амфибола; 2 – K-Na полевой шпат.

первичные флюидные включения преобладают в афвездсоните, магнетите, энигматите и клинопироксене, самые низкотемпературные – в позднем катаплеите – микропористом водном цирконосилкате. Какой-либо зависимости ОМЭ от общего газосодержания минералов при сопо-

ставлении средних значений и по всей выборке не обнаруживается.

В главных породообразующих минералах Ловозёрского интрузива отношение  $\text{CH}_4/\text{C}_2\text{H}_6$  заметно ниже, чем в хибинских (в основном носителе УВГ нефелине – в 2 раза), а в эвдиалите, виллиомите и содалите, наоборот, несколько выше (табл.). Три последних минерала отбирались в Хибинах из пегматитов и гидротермалитов, в Ловозере – из магматических пород, изменённых позднее. Судя по величине ОМЭ, гидротермально-метасоматическими хибинскими лопаритами УВГ захвачены при более высокой температуре, чем лопаритами из рудных горизонтов верхней части ДК Ловозёрского массива. Ассоциирующим минералам в отдельных образцах чаще всего свойственны те же различия  $\text{CH}_4/\text{C}_2\text{H}_6$ , что и его средних значений (рис. 1). При этом в хибинских парагенных минералах изменчивость ОМЭ в общем выше, чем в ловозёрских.

Недавно в трёх важнейших типах пород ДК Ловозёрского массива установлен одинаковый

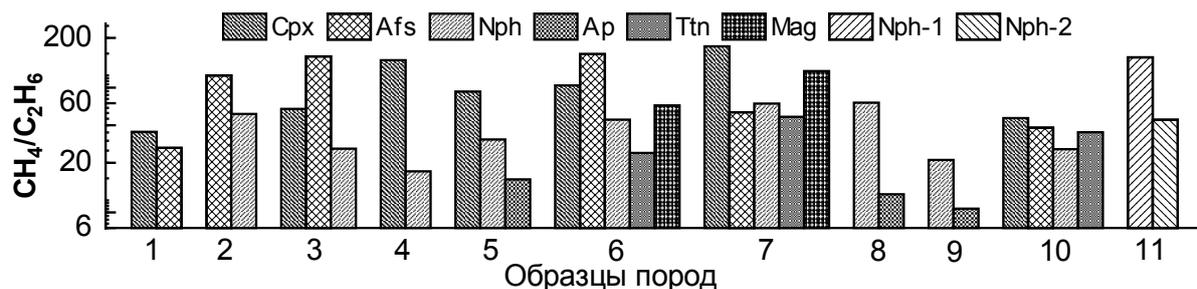


Рис. 1. Отношения  $\text{CH}_4/\text{C}_2\text{H}_6$  в минералах Хибинского массива.

Cpx – клинопироксен, Afs – щелочной полевой шпат, Nph – нефелин, Ap – апатит, Ttn – титанит, Mag – магнетит; Nph-1 и Nph-2 – нефелин без флюидных микровключений и насыщенный ими. 1 и 2 – хибиниты массивные, 3 – хибинит трахитоидный, 4 – рисчоррит, 5-7 – уртиты, 8 и 9 – апатито-нефелиновые руды, 10 – лявочоррит, 11 – пегматит.

тип изменения в вертикальном разрезе среднего отношения  $\text{CH}_4/\text{C}_2\text{H}_6$ , которое по направлению вниз уменьшается в рудоносных горизонтах I-4 и II-4 (до минимума на участках с интенсивной лопаритовой минерализацией) и далее повышается, достигая максимума в нижней зоне 3-й серии (рудный горизонт III-14), оставаясь высоким в наиболее глубоких из вскрытых бурением частях разреза. Низкие значения и близость рассматриваемого показателя в породах, особенно в лопаритовых залежах нижней зоны 1-й и верхней части 2-й серий ДК таковому в гидротермалитах предполагают, что генерация углеводородов происходила здесь при сравнительно низких температурах на гидротермальной стадии формирования пород. Это согласуется с рядом геохимических и минералогических данных [7]. Такие же изменения ОМЭ выявлены в нефелине и содалите. В ЩПШ и клинопироксене, в меньшей степени подверженных низкотемпературным преобразованиям, закономерностей вариаций отношения не наблюдается.

В Хибинах фойяиты и хибиниты отличаются повышенными значениями  $\text{CH}_4/\text{C}_2\text{H}_6$  относительно остальных комплексов пород [7]. Аналогичная картина обнаруживается и в нефелинах (рис. 2). Вероятным механизмом образования УВГ в нефелин-сиенитовых и щелочно-гранитных

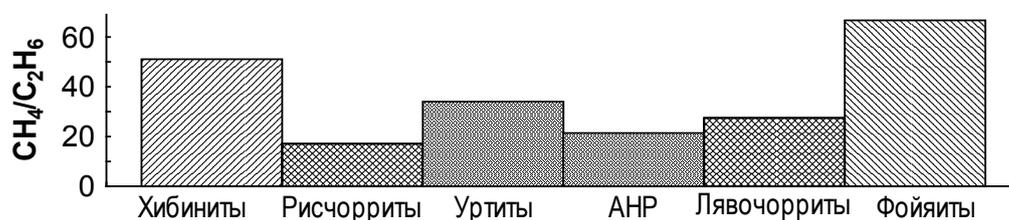


Рис. 2. Средние отношения  $\text{CH}_4/\text{C}_2\text{H}_6$  в хибинских нефелинах.

массивах считается абиогенный синтез по реакциям типа Фишера-Тропша (РФТ) из диоксида углерода и молекулярного водорода [6, 13, 16 и др.]. В стационарных условиях промышленного синтеза РФТ состав получающейся смеси предельных углеводородов подчиняется молекулярно-массовому распределению Андерсона-Шульца-Флори (АШФ), когда  $\text{C}_2/\text{C}_1 \approx \text{C}_3/\text{C}_2 \approx \text{C}_{n+1}/\text{C}_n$  и график в координатах  $\text{C}_1, \dots, \text{C}_n$  – логарифм концентраций этих компонентов представляет собой

линию, близкую к прямой [5]. При прочих равных параметрах, её угол наклона увеличивается с ростом температуры. Соответствие классическому ММР состава природных УВ, включая газообразные, при относительно крутом наклоне линейной зависимости считается критерием их abiогенного формирования по механизму РТФТ в отличие от более пологого распределения алканов в месторождениях газов термогенного происхождения. Именно такое соответствие установлено для УВГ в породах Хибинского и Ловозёрского массивов [7].

ММР газообразных алканов в минералах также в большинстве случаев подчиняется распределению АШФ. При этом угол наклона близких к прямолинейным графиков, отражающий температурные условия газообразования, коррелируется с величиной  $\text{CH}_4/\text{C}_2\text{H}_6$ . Так, в ловозёрских нефелинах снижение температуры захвата во включения и фиксации равновесия в составе УВГ прослеживается снизу вверх по разрезу (рис. 3). В Хибинах наиболее пологим распределением алканов характеризуются одноимённые минералы из апатито-нефелиновых руд, максимально крутым – из массивных хибинитов и фойяитов. Таким образом, характер ММР углеводородных газов в минералах нефелин-сиенитовых комплексов не противоречит возможности их формирования по РТФТ. Как и в экспериментах, наблюдаемые здесь отклонения распределений УВ от классического АШФ, по-видимому, отражают нестабильность термодинамических условий, неодноактность и/или продолжительность газообразования.

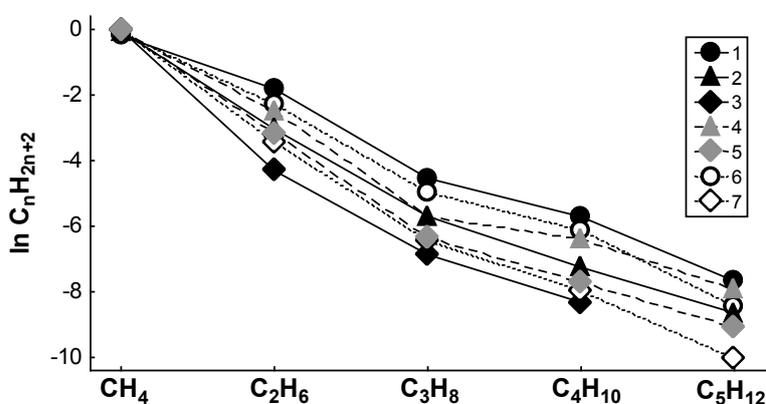


Рис. 3. ММР газообразных алканов в ловозёрских нефелинах.

1-3 – ювигит-уртиты I-4, II-4 и V серии; 4 и 5 – фойяиты II-4 и III-16; 6 и 7 – дуявриты I-4 и III серии.

Полученные данные о вариациях соотношений насыщенных УВГ в парагенных минералах и одном минерале из разных породных ассоциаций и образцов различного геологического положения свидетельствуют об утяжелении состава алканов по мере снижения температуры и захвата флюидных включений в преобразованиях первичных магматических минералов и формирования более поздних, с нарастанием интенсивности постмагматических процессов, а также в направлении от массивных хибинитов на периферии и фойяитов ядерной части к центральной кольцевой структуре в Хибинах и с уменьшением глубины в вертикальном разрезе ДК Ловозёрского массива. Как и в породах, эти наблюдения согласуются с распределением в минералах изотопов гелия и аргона, являющихся геохимическими трассерами многих геологических процессов. В той же последовательности главных хибинских и ловозёрских породообразующих минералов (клинопироксен – ЩПШ – нефелин), в которой повышается доля высокомолекулярных УВГ, уменьшается валовое отношение  $^3\text{He}/^4\text{He}$  в газовых включениях. Это означает усиление дегазации первичного флюида и/или разбавления его коровой компонентой [8, 9].

Аналогично изменяются соотношения УВГ и изотопов гелия в породах и однотипных минералах в направлении снизу вверх по разрезу дифференцированного комплекса в Ловозёрском массиве [7, 8]. В том же направлении в захваченном породами флюиде происходит уменьшение  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  и повышение  $^{36}\text{Ar}$ , наиболее вероятным и основным источником которого были палеометеорные воды с растворённым в них воздухом [8]. Установлена также положительная корреляция легкого изотопа аргона и пентанов в ловозёрских породах при отсутствии взаимосвязи  $^{36}\text{Ar}$  с более лёгкими УВГ [7]. В практически не содержащих К, а следовательно, и образовавшегося *in situ* радиогенного  $^{40}\text{Ar}$ , хибинских магнетитах, клинопироксенах и апатитах средние отношения  $\text{CH}_4/\text{C}_2\text{H}_6$  составляют 71, 63 и 14 (табл.), а средние значения  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  – 1348, 796 и 562 [9].

В Хибинском массиве пространственные вариации соотношений индивидуальных углеводородов в газовой фазе минералов увязываются с симметричной относительно Центральной кольцевой структуры петрографической, геохимической и минеральной зональностью [2].

Несмотря на то, что распределение УВГ в минералах свидетельствует в пользу их синтеза по РФТ, некоторые особенности того же распределения, в частности, утяжеление состава газов в одних и тех же минералах снизу вверх по разрезу ДК Ловозёрского массива, с последними данными о (1) вариациях отношений  $\text{CH}_4/\text{H}_2$  [7], (2) изотопном составе углерода и водорода окклюдируемых газов и существовании, наряду с преобладающими вторичными, первичных метановых микровключений в породообразующих магматических минералах [14, 15] и (3) оценках окислительно-восстановительных условий формирования нефелин-сиенитовых комплексов [13 и др.] предполагают более сложный, многоактный процесс газообразования. Некоторое количество  $\text{CH}_4$  во флюидной фазе появилось ещё во время магматической кристаллизации пород. По мере снижения температуры метан мог генерироваться при взаимодействии воды и ранее образовавшегося графита [13]. При дальнейшем остывании массива могло иметь место сочетание реакций окисления и дегидрогенизации, гетерогенно-каталитической полимеризации и конденсации углеводородов, включая РФТ [5, 12]. С метеорными водами могло поступать биогенное органическое вещество, что отразилось на изотопном составе углерода метана в Хибинах [14].

Выявленные закономерности распределения газообразных алканов в минералах щелочных массивов могут быть использованы для решения обратных задач – различия состава, содержания и соотношений индивидуальных компонентов УВГ позволяют судить о не всегда однозначно оцениваемых традиционными подходами условиях, включая флюидный режим, и последовательности минералообразования в нефелин-сиенитовых массивах.

**Закключение.** Систематизация и анализ собранных в ходе многолетних исследований данных по составу газов, окклюдируемых в вакуолях флюидных микровключений в минералах нефелин-сиенитовых массивов, выявили различия в соотношениях разных углеводородов (а) в разных минералах, (б) в ассоциирующих минералах из одного образца и (в) в одноимённых минералах из разных комплексов пород и/или в зависимости от положения в разрезе. Не обнаружена зависимость этих соотношений от общей газонасыщенности минералов. Установлено утяжеление состава УВГ по мере снижения температуры и захвата флюидных включений в ходе преобразования первичных магматических минералов и формирования более поздних с нарастанием интенсивности постмагматических процессов, а также в направлении от массивных хибинитов на периферии и фойяитов ядерной части к центральной кольцевой структуре в Хибинах и с уменьшением глубины в вертикальном разрезе дифференцированного комплекса Ловозёрского массива.

По совокупности газо-геохимических данных, включая соотношения алканов в минералах, предполагается многостадийность образования УВГ в нефелин-сиенитовых комплексах. Первые порции метана во флюидной фазе могли появиться на магматической стадии. По мере снижения температуры магматической системы метан мог генерироваться при взаимодействии воды и ранее образовавшегося графита. При дальнейшем остывании массива, по-видимому, имело место сложное сочетание реакций окисления и дегидрогенизации, гетерогенно-каталитической полимеризации и конденсации углеводородов, включая синтез типа Фишера-Тропша.

Особенности молекулярно-массового распределения углеводородов в окклюдируемых газах могут служить индикаторами условий пороодо- и рудогенеза, а также последовательности формирования и преобразования минералов при их неоднозначных и противоречивых взаимоотношениях.

#### Список литературы

1. Балаганская Е.Г., Припачкин В.А. Петролого-геохимическая специфика брекчий апатит-нефелиновых месторождений Хибин // Геохимия. 1993. № 8. С. 1199-1218.
2. Иванюк Г.И., Горяинов П.М., Пахомовский Я.А. и др. Самоорганизация рудных комплексов. Синергетические принципы прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых. М.: ГЕОКАРТ-ГЕОС, 2009. 392 с.
3. Икорский С.В. Органическое вещество в минералах изверженных горных пород (на примере Хибинского щелочного массива). Л.: Наука, 1967. 120 с.
4. Икорский С.В., Нивин В.А., Припачкин В.А. Геохимия газов эндогенных образований. СПб.: Наука, 1992. 179 с.
5. Лапидус А.Л., Локтев С.М. Современные каталитические синтезы углеводородов из окиси углерода и водорода // Журнал Всесоюз. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева. 1986. Т. 31. № 5. С. 527-532.

6. Нивин В.А. Газонасыщенность минералов в связи с проблемой происхождения углеводородных газов в породах Хибинского и Ловозёрского щелочных массивов // Геохимия. 2002. № 9. С. 976-992.
7. Нивин В.А. Молекулярно-массовое распределение газообразных углеводородов и проблема их происхождения в щелочных магматических комплексах // Тр. VIII Межд. семинара «Щелочной магматизм, его источники и плюмы». Иркутск, 2008. С. 107-130.
8. Нивин В.А. Изотопы гелия и аргона в породах и минералах Ловозёрского щелочного массива // Геохимия. 2008. № 5. С. 524-545.
9. Нивин В.А., Икорский С.В., Аведисян А.А. Углеводородные и благородные газы флюидных включений в минералах щелочных и карбонатитовых комплексов Кольской провинции // Тр. XI Межд. конф. по термобарогеохимии. Александров, 8-12 сент. 2003. Александров: ВНИИ-СИМС, 2003. С. 277-292.
10. Петерсилье И.А. Геология и геохимия природных газов и дисперсных битумов некоторых геологических формаций Кольского п-ова. М.-Л.: Наука, 1964. 171с.
11. Петерсилье И.А., Павлова М.А. Органические соединения в изверженных и метаморфических горных породах // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1976. № 10. С. 87-94.
12. Руденко А.П., Кулакова И.И. Физико-химическая модель abiогенного синтеза углеводородов в природных условиях // Журнал Всесоюз. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева. 1986. Т. 31. № 5. С. 518-526.
13. Рябчиков И.Д., Когарко Л.Н. Окислительно-восстановительный потенциал Хибинской магматической системы и генезис abiогенных углеводородов в щелочных плутонах // Геол. рудн. месторожд. 2009. Т. 51. № 6. С. 475-491.
14. Beeskow B., Treloar P.J., Rankin A.H. *et al.* A reassessment of models for hydrocarbon generation in the Khibiny nepheline syenite complex, Kola Peninsula, Russia // Lithos. 2006. V 91. P 1-18.
15. Potter J., Longstaffe F.J. A gas-chromatograph, continuous flow-isotope ratio mass-spectrometry method for  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta\text{D}$  measurement of complex fluid inclusion volatiles: examples from the Khibina alkaline igneous complex, northwest Russia and the south Wales coalfields // Chem. Geol. 2007. V 244. P 186-201.
16. Potter J., Rankin A.H., Treloar P.J. Abiogenic Fischer-Tropsch synthesis of hydrocarbons in alkaline igneous rocks; fluid inclusion, textural and isotopic evidence from the Lovozero complex, NW Russia // Lithos. 2004. V 75. P 311-330.

### **Магматическая стратификация центральной части массива Вурэчуайвенч**

Рундквист Т.В., Гребнев Р.А., Припачкин П.В.  
Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, rund@geoksc.apatity.ru

### **Magmatic stratification of the central part of the Vurechuaivench massif**

Rundkvist T.P., Grebnev R.A., Pripachkin P.V.

*В ходе полевых работ 2009 г. закартирован детальный участок в центральной части массива Вурэчуайвенч (раннепротерозойский Мончегорский мафит-ультрамафитовый расслоенный комплекс). Породы изучены пород методом кумулюсной стратиграфии. По результатам работ можно предположить, что изученный участок характеризует зону перехода между нижней однородной и верхней расслоенной частями массива Вурэчуайвенч.*

*After the field works in 2009 the detail target at the central part of the Vurechuaivench massif (Monchegorsk 2.5 Ga mafic-ultramafic layered complex) was mapped. The rocks were studied by cumulus stratigraphy method. Results of these investigations can suggest that the studied area characterizes the zone between the lower homogenous and upper layered parts of the Vurechuaivench massif.*

Массив Вурэчуайвенч (МВ) расположен в ЮВ контакте Мончегорского комплекса с раннепротерозойской палеорифтовой структурой Имандра-Варзуга (рис. 1). Он представляет собой верхнюю часть субширотной ветви Мончегорского плутона, образовавшейся в виде самостоятельной магматической камеры [6]. МВ имеет пластовую форму, полого погружается

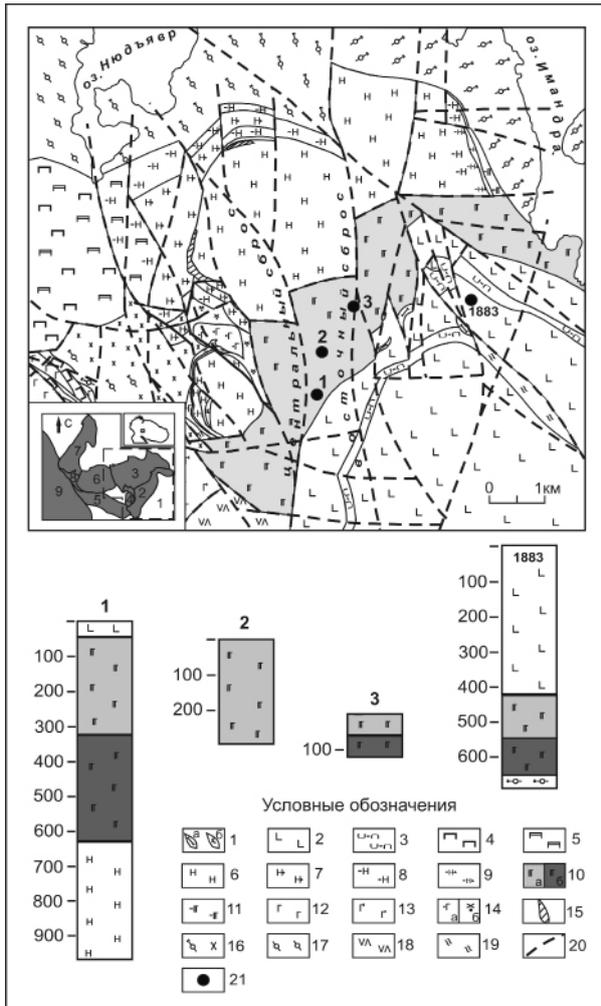
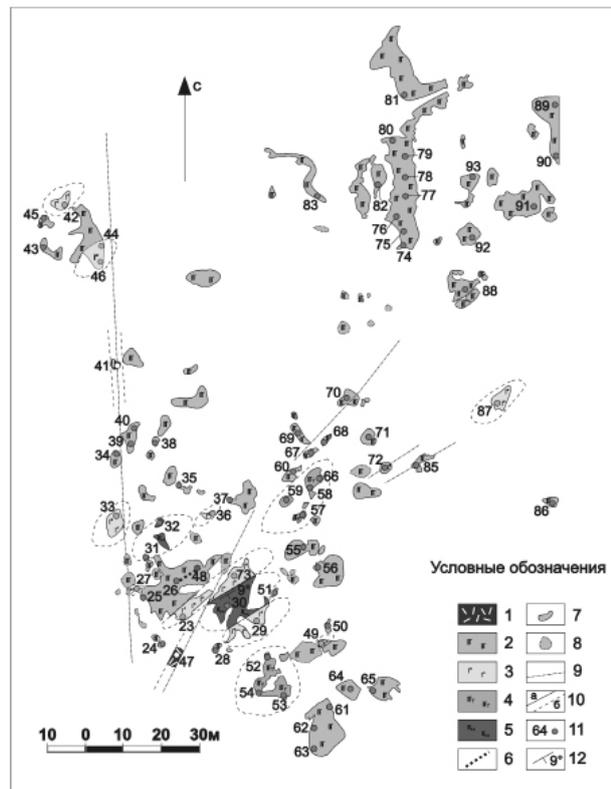


Рис. 1. Схема геологического строения восточной части Мончегорского плутона (показан серым цветом), по В.С. Войтеховичу (2002), с упрощениями. В нижней части – сопоставление геологических колонок по скв. 1814-1226 (1), детального участка 1 (2); детального участка 2 (3) и скв. 1883. Дайковый комплекс: 1а – серпентинизированные перидотиты, 1б – метагаббродолериты. Вулканогенно-осадочные породы Имандра-Варзуги: 2 – metabазальты, эпидот-амфиболовые и амфибол-биотитовые сланцы; 3 – туфо-алевролиты с прослоями кварцитов. Мончегорский интрузивный комплекс: 4 – пироксениты; 5 – плагиопироксениты; 6 – нориты; 7 – оливиновые нориты; 8 – нориты пойкилитовые; 9 – нориты с титаномagnetитовой минерализацией; 10 – габбро-нориты, лейкогаббро и анортозиты (на колонках: а – верхняя более лейкократовая и расслоенная часть разреза, б – нижняя более меланократовая и монотонная часть разреза); 11 – габбронориты пойкилитовые; 12 – габбро; 13 – лейкогаббро; 14а – кварцевые габбро, 14б – кварцевые диориты; 15 – гибридные породы «критического» горизонта Нюда. Метаосадочный комплекс: 16 – диоритогнейсы, метадiorиты; 17 – гранат-биотитовые гнейсы; 18 – метариодациты арваренчской свиты. 19 – зоны рассланцевания различного генезиса; 20 – разрывные нарушения; 21 – объекты, для которых геологические колонки даны в нижней части рисунка. В левом нижнем углу – схема Мончегорского плутона с контуром врезки.

Рис. 2. Геологическая схема детального участка № 2, центральная часть массива Вурэчуайвенч. 1 – метагаббродолериты дайкового комплекса; 2 – мелкозернистые мезократовые габбронориты амфиболлизированные и соскоритизированные, преимущественно авгит-энстатит-плагиоклазовые кумулаты; 3 – среднезернистые лейко-, мезократовые габбронориты и кварцевые габбронориты амфиболлизированные и соскоритизированные, плагиоклазовые и соскоритизированные, преимущественно авгит-плагиоклазовые кумулаты; 4 – неравнозернистые (такситовые) мезократовые кварцевые габбронориты амфиболлизированные и соскоритизированные, преимущественно авгит-энстатит-плагиоклазовые кумулаты; 5 – мелкозернистые мезо-, меланократовые габбронориты амфиболлизированные и соскоритизированные, энстатит-плагиоклазовые кумулаты с интеркумулусным авгитом; 6 – кварц-эпидот-скаполитовая жила; 7 – контуры коренных обнажений; 8 – контуры глыб и глыбовых развалов; 9 – разрывные нарушения; 10 – геологические границы: а – наблюдаемые, б – предполагаемые; 11 – точки отбора образцов; 12 – элементы залегания расслоенности.



на ЮВ под углами 5-30° под вулканогенно-осадочные породы Имандра-Варзуги. Мощность МВ – 600-700 м, единичными скважинами он прослежен по падению на 3 км [3].

Наиболее детально МВ изучен в ЮЗ части, где выполнен большой объём разведочного бурения [3] и методами кумулюсной стратиграфии изучен геологический разрез [5]. Платинометальная минерализация малосульфидных руд МВ изучена Т.Л. Гроховской [1, 2] и В.В. Кнауфом [4]. В ходе полевых работ 2009 г. закартирован детальный участок №2 в центральной части МВ (рис. 2). Здесь в основном представлена монотонная толща массивных интенсивно изменённых среднезернистых габброноритов. Они имеют серую окраску с зеленоватым оттенком. Характерна крупноплитчатая отдельность по нескольким направлениям (аз. пр. 80°, 230° и 330°). Наряду с коренными породами здесь распространены глыбовые развалы различных типов пород. Нередко можно наблюдать валуны норитов с г. Нюд до 3 м в поперечнике. Отмечены две дайки метагаббродолеритов, субпараллельные субмеридиональным разрывным нарушениям.



Рис. 3. Постепенный переход от массивных мелкозернистых амфиболизированных габброноритов к крупнозернистым разновидностям с голубым кварцем.

в которых зёрна тёмноцветных минералов достигают 2.5 см. Плаггиоклаз молочно-белый. В породе присутствуют небольшие зёрна голубого кварца до 2-3 мм. Иногда можно наблюдать переход от такситовых габброноритов к массивным среднезернистым мезократовым (рис. 3). Сульфидной минерализации не наблюдается.

Все породы МВ сильно метаморфизованы. Пироксены полностью амфиболизированы. Плаггиоклаз в различной степени замещён соссюритом. Содержание кварца в породах – от единичных зёрен до 3 %, редко до 10 %. Встречаются выделения метаморфогенного плаггиоклаза, по оптическим свойствам – олигоклаза.

На детальном участке наиболее распространены авгит-энстатит-плаггиоклазовые и энстатит-авгит-плаггиоклазовые кумулаты (рис. 4б). В ЮВ части выделены небольшие линзы

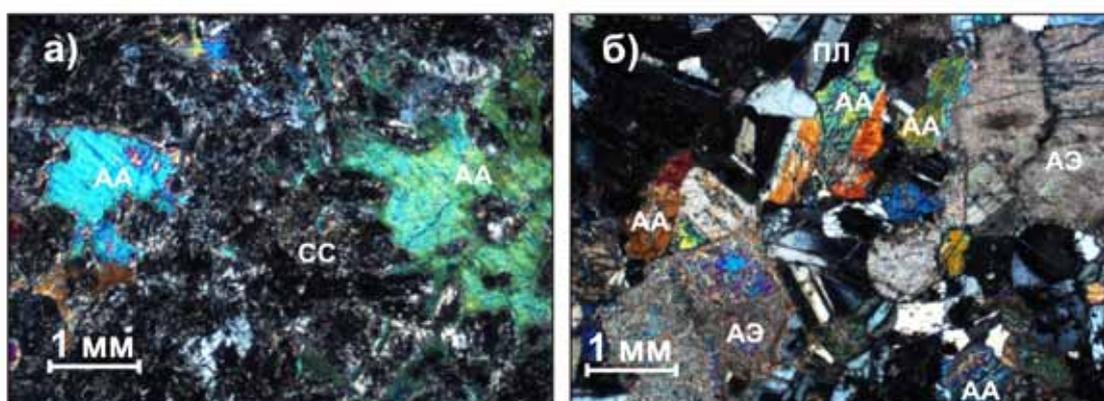


Рис. 4. Кумулаты центральной части массива Вурэчуайвенч: а) плаггиоклазовый с интеркумулясным авгитом; б) авгит-энстатит-плаггиоклазовый. Псевдоморфозы: АА – амфибола по авгиту; АЭ – амфибола по энстатиту. СС – соссюритовый агрегат; Пл – плаггиоклаз.

энстатит-плагиоклазовых кумулатов и более многочисленные мелкие линзы плагиоклазовых (рис. 4а) и авгит-плагиоклазовых кумулатов. В плане участки развития различных кумулатов оконтуриваются овалами от 5×5 до 10×20 м. Учитывая пологое залегание пластов, можно охарактеризовать толщу как зону преимущественного развития мезократовых габброноритов, среди которых залегают маломощные (< 1 м) и непротяжённые (< 20 м) линзы более меланократовых габброноритов и норитов, а также более лейкократовых габбро и анортозитов. В СЗ части породы более однородны, среди мезократовых габброноритов наблюдаются лишь отдельные линзы анортозитов. Эти особенности строения толщи обнаруживаются при микроскопическом изучении прозрачных шлифов и реконструкции кумулатов по морфологическим особенностям амфиболовых псевдоморфоз.

На ранее изученных участках МВ [5, 6] геологический разрез состоит из более однородной нижней и расслоенной верхней частей, показанных на рис. 1. По данным [4], в основании зоны переслаивания залегает горизонт «такситовых» габброноритов с гнездами голубого кварца. С большой вероятностью можно предположить, что участок № 2 находится между нижней и верхней частями разреза. Нами установлено, что их контакт нерезкий, извилистый. Далее необходимо изучить строение МВ в малоизученной СВ части.

#### Список литературы

1. Гроховская Т.Л., Бакаев Г.Ф., Шелепина Е.П. и др. Платинометальная минерализация в габброноритах массива Вуручайвенч, Мончегорский плутон, Кольский п-ов, Россия // Геол. рудных месторождений. 2000. Т. 42. № 2. С. 147-161.
2. Гроховская Т.Л., Бакаев Г.Ф., Шолохнев В.В. и др. Рудная платинометальная минерализация в расслоенном Мончегорском магматическом комплексе, Кольский п-ов, Россия // Геол. рудных месторождений. 2003. Т. 45. № 4. С. 329-352.
3. Иванченко В.Н., Давыдов П.С., Дедеев В.А. и др. Основные черты геологического строения месторождения Вуручайвенч // Межд. сотрудничество и обмен опытом в геол. изучении и разведке платинометальных месторождений северной части Фенноскандинавии. Промежуточные результаты межд. проекта KOLARCTIC INTERREG III A North –TACIS N KA-0197 «Стратегические минеральные ресурсы – основа устойчивого развития Севера», Россия – Финляндия – Швеция. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 82-87.
4. Кнауф В.В., Давыдов П.С., Иванченко В.Н. Благороднометальная минерализация на поисковой площади Вуручайвенч // Межд. сотрудничество и обмен опытом в геол. изучении и разведке платинометальных месторождений северной части Фенноскандинавии. Промежуточные результаты межд. проекта KOLARCTIC INTERREG III A North –TACIS N KA-0197 «Стратегические минеральные ресурсы – основа устойчивого развития Севера», Россия – Финляндия – Швеция. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 88-97.
5. Припачкин П.В., Рундквист Т.В. Геологическое строение и платиноносность юго-западной части массива предгорий Вурэчуайвенч, Мончегорский комплекс, Кольский п-ов // Руды и металлы. 2008. № 5. С. 61-68.
6. Рундквист Т.В., Припачкин П.В., Гребнев Р.А. К вопросу о геологическом строении и платиноносности восточной части Мончегорского комплекса, Кольский п-ов, на основе данных кумулюсной стратиграфии // Проект Интеррег-Тасис «Стратегические минеральные ресурсы Лапландии – основа устойчивого развития Севера», Россия – Финляндия – Швеция. Вып. II. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2009. С. 51-64.
7. Расслоенные интрузии Мончегорского рудного района: петрология, оруденение, изотопия, глубинное строение. Ч. 1. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2004. 177 с.

### О происхождении хромитоносных дунитов массива Сопча

Рундквист Т.В.<sup>1</sup>, Мокрушин А.В.<sup>1</sup>, Мирошникова Я.А.<sup>2</sup>, Базай А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Геологический институт КНЦ РАН

Апатиты, rund@geoksc.apatity.ru; mokrushin@geoksc.apatity.ru

<sup>2</sup> Мурманский государственный технический университет

### On the origin of the chromite-bearing dunites of the Sopcha massif

Rundkvist T.V., Mokrushin A.V., Miroshnikova Ya.A., Bazay A.V.

В статье изложены результаты изучения горных пород и минералов (в т.ч. хромитов) из тела дунитов на северном склоне г. Сопча, подтверждающие схему формирования Мончегорского комплекса интрузий, ранее предложенную В.Ф. Смолькиным и др. [4].

The article reports on results of studying rocks and minerals, chromites inclusive, from the dunite body on the northern slope of the Sopcha mountain. The data prove the formation scheme of the Monchegorsk complex of intrusions earlier suggested by V.F. Smol'kin et al. [4].

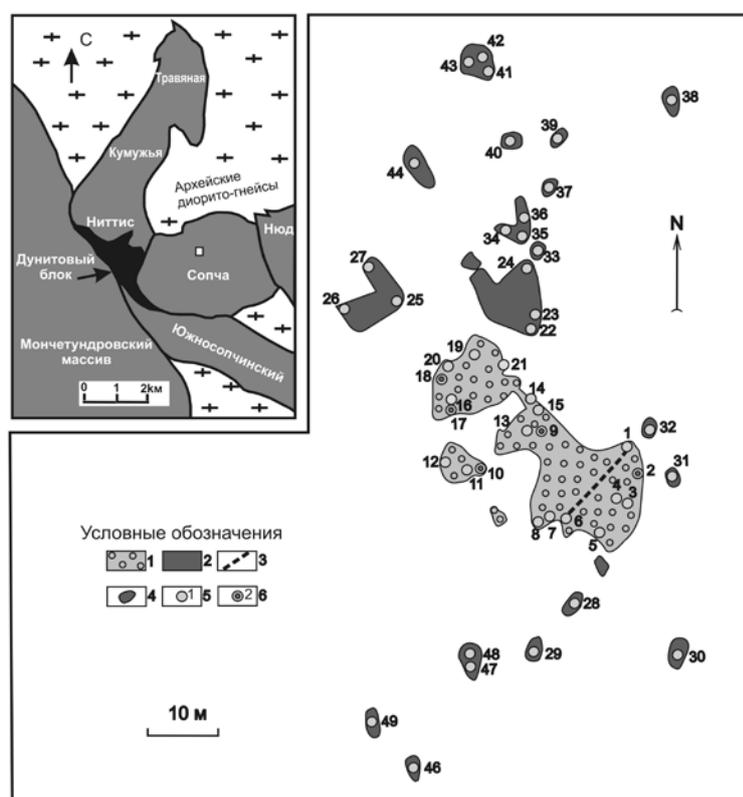


Рис. 1. Схема геологического строения дунитового тела на северном склоне г. Сопча. В левом верхнем углу на схеме западной части Мончеплутона белым квадратом показано положение детального участка. 1 – дуниты; 2 – пироксениты; 3 – серпентиновая жила; 4 – коренные обнажения; 5 – точки взятия образцов; 6 – точки взятия образцов, для которых выполнен химический анализ пород.

Небольшие тела ультраосновных пород обнаружены в пироксенитах массива Сопча в 1950-е гг. В [1] они названы оливинитами. Е.К. Козлов указывал, что это линзовидные тела от 0.6×0.2 до 8×50 м, наиболее крупные находятся на СВ склоне г. Сопча. В дальнейшем установлено, что это дуниты с содержанием хромита 1-5 об. %. На основе этих данных В.В. Шолохнев и И.В. Поляков в производственном отчёте 1998 г. предположили, что данные тела, представляют собой «дунитовые трубки», аналогичные известным в Бушвельде, где они содержат крупные запасы ЭПГ. Проверка гипотезы предпринята в 1999-2001 гг. в ходе поисковых работ ОАО ЦКЭ и ОАО «ПАНА». Опробовано тело мелкозернистых дунитов в р-не скв. № 424. Эти дуниты содержат до 5 об. % хромитовой сыпи, содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  по данным химического анализа до 1.76 мас. %, сульфидов не отмечено, содержание ЭПГ и Au по данным штучного опробования 0.085-0.114 г/т [3]. Не получили подтверждения и предположения о трубообразной форме тел. В последние годы в массиве Сопча выполнен большой объём бурения с целью изучения Сопчинского «пласта 330». Трубообразные тела дунитов не обнаружены. Это свидетельствует о справедливости предположения Е.К. Козлова [1, 2] об их ксенолитной природе. Заметим, что эти хромитоносные дуниты не принадлежат к «пласту 330», отличаясь от него по геологическому строению и составу пород.

Решение вопроса о происхождении дунитовых ксенолитов в пироксенитах Сопчи опирается на материалы полевых работ 2009 г. Тело дунитов на северном склоне г. Сопча детально закартировано и опробовано (рис. 1). Выходы дунитов в коренном залегании занимают площадь около 35×15 м. Дуниты имеют массивное среднезернистое сложение, цвет тёмно-коричневый, что контрастирует с окружающими их сероватыми пироксенитами. В дуните различимы мелкие

зёрна хромита. В отдельных участках обнажений заметна неясно выраженная полосчатость дунитов, обусловленная небольшими различиями в зернистости породы и содержании хромита. Углубления склона заполнены дунитовой дресвой. В ЮВ части тела дуниты пересекаются серпентиновой жилкой до 8 см. На выветрелой поверхности жила имеет светло-жёлтый цвет, на свежем сколе – серый.

Текстура дунита массивная, структура панидиоморфнозернистая. Содержание оливина в неизменённых дунитах до 97 %. Он образует изометричные, округлые, вытянутые, реже ромбовидные и ромбо-дипирамидальные зёрна размером 0.2-5 мм. В породе содержится 1-3 % интеркумулусного ортопироксена, серпентины, амфиболы, карбонаты и тальк, содержание которых < 1 %. Между дунитами из центральной и периферической частей тела различий по зернистости и составу не обнаружено. Интересная морфологическая особенность кристаллов оливина из дунитового тела – развитие двойников давления (рис. 2а): крупные зёрна оливина разбиты двойниковыми швами на фрагменты с разной оптической ориентировкой, что выражается в их неодновременном угасании. Подобные проявления деформаций отмечались ранее в дунитах других участков Сопчеозёрского месторождения (рис. 2б). Распределение двойников давления в рудной залежи крайне неравномерно. Чаще они встречаются там, где есть резкие контакты массивной или густовкрапленной руды с редковкрапленной или безрудной породой. В удалении от рудной залежи двойники давления в оливине редки. Оливины из дунитов г. Сопчи относятся к форстеритам ( $Fo = 85\%$ ) и соответствуют таковым Дунитового блока ( $Fo = 80-95\%$ ). В изучаемых оливинах отмечается повышенное содержание Ni (~ 0.5 мас. %), что характерно для оливинов рудной залежи Сопчеозёрского месторождения (0.4-1.1 мас. %) [4].

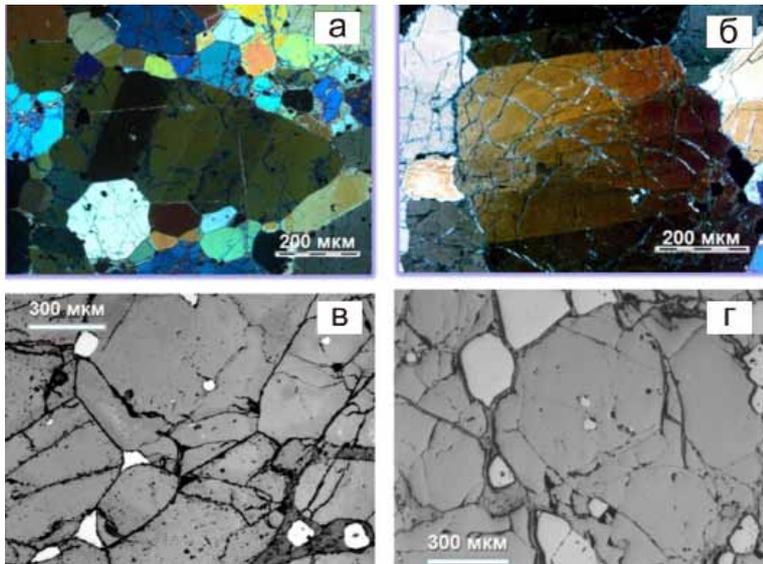


Рис. 2. Дуниты г. Сопча (а, в) и Дунитового блока (б, г): а, б – деформированные оливины, фото шлифа, николи  $\times$ ; в, г – хромиты разной генерации, фото аншлифа.

В дунитах г. Сопча присутствует хромит двух генераций: содержание первой генерации (Chr-1) < 1 об. %, второй (Chr-2) 1-3 об. %. Chr-1 заключён внутри оливина, часто идиоморфен, размер кристаллов < 0.02 мм. Chr-2 размещается в интерстициях оливина в зёрнах до 1.4 мм, идиоморфных и неправильной формы. По составу Chr-1 и Chr-2 близки, есть небольшое, но устойчивое различие: Chr-1 более магнезиален, Chr-2 содержит больше Fe и Ti. Морфологические особенности и химический состав обеих генераций хромита соответствуют таковым редковкрапленных руд Сопчеозёрского месторождения (рис. 2-4).

Составы хромитов дунитового тела г. Сопча ложатся между полями рудных хромитов

Сопчеозёрского месторождения и аксессуарных хромитов Дунитового блока (рис. 3, 4). По характерному высокохромистому и высокомагнезиальному составу хромиты г. Сопча, как и хромиты Дунитового блока, отличны от таковых из других расслоенных интрузий. Высокое содержание Ni в породообразующих минералах дунитов г. Сопча – также характерная черта рудовмещающих дунитов Сопчеозёрского месторождения. Проведённый минералого-петрографический анализ позволяет говорить о сходстве дунитов г. Сопча и Дунитового блока.

Заключение о сходстве пород и минералов Сопчи с таковыми Дунитового блока ведёт к интересным выводам, проливающим свет на последовательность формирования Мончегорского комплекса. Многолетние исследования Мончегорского рудного р-на позволили всесторонне изучить геологическое строение Мончегорской и Мончетундровской раннепротерозойских интрузий и связанных с ними Cu-Ni, Cr и ЭПГ месторождений и рудопроявлений. Но некоторые частные вопросы остаются дискуссионными. Один из них – соотношение Дунитового блока и локализованного в нём Сопчеозёрского хромитового месторождения с Мончегорской и Мончетундровской интрузиями. Е.К. Козлов, В.С. Докучаева и другие геологи рассматривали их в качестве

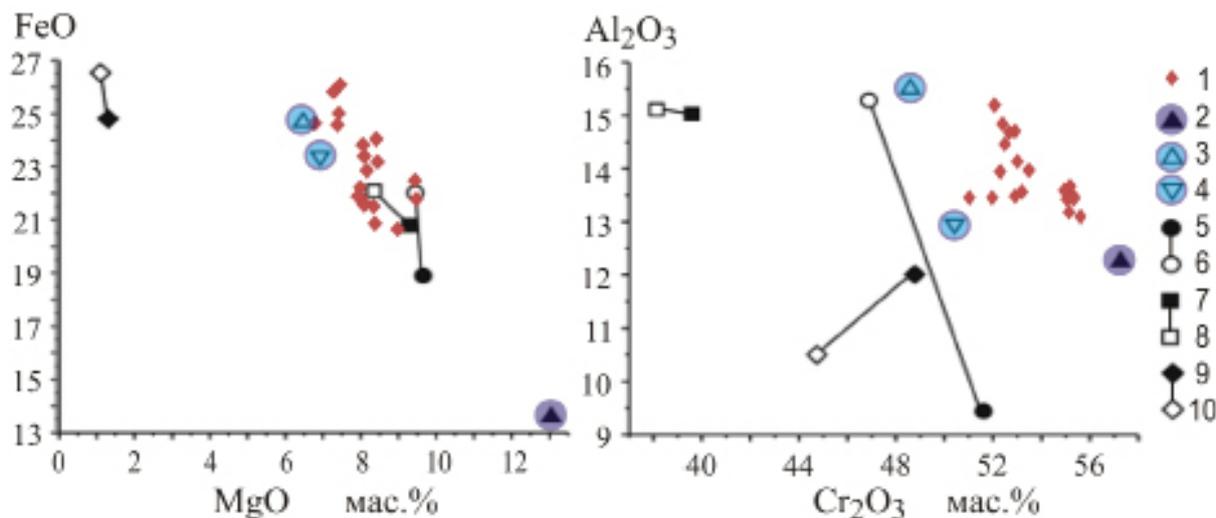


Рис. 3. Средние содержания главных компонентов в рудных и акцессорных хромитах расслоенных интрузий Балтийского щита. 1 – дунит г. Сопчи, 2-4 – Сопчеозёрское месторождение: 2 – хромититы, 3 – надрудные дуниты, 4 – подрудные дуниты; 5-6 – хромититы (5) и перидотиты (6) Аганозерского месторождения; 7-8 – хромититы (7) и вебстериты (8) блока Сомпуярви, интрузия Пенникат; 9-10 – хромититы (9) и нориты (10) Б. Вараки, Умбареченско-Имандровский комплекс.

наиболее ранней фазы, предшествовавшей формированию основной части пород Мончеплутона. Е.В. Шарков и др. [6] включают хромитоносные дуниты в разрез расслоенной серии Мончеплутона, относя их к перидотитовой зоне интрузии. Ж.А. Федотов [5] предположил, что хромитоносные гипербазиты образовались из коматитового мантийного расплава, который также был

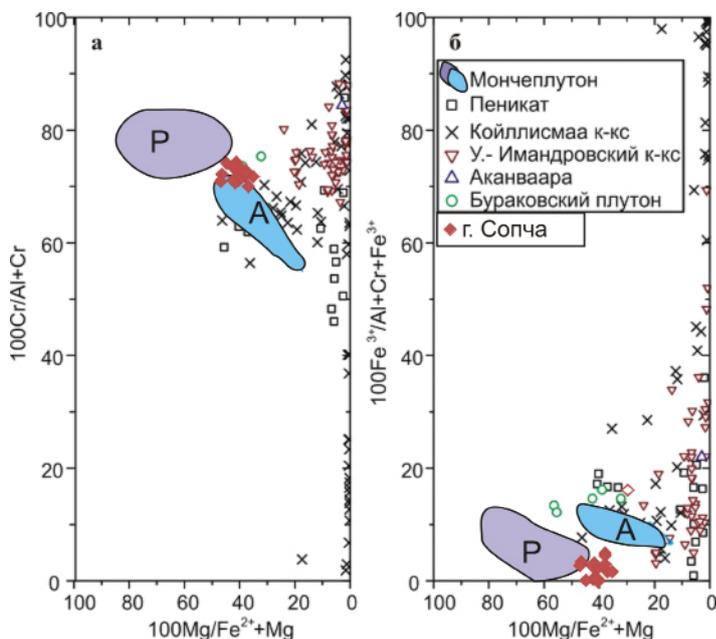


Рис. 4. Составы рудных и акцессорных хромитов на диаграмме Т. Ирвайна (Irvine, 1965).

родоначальным расслоенной серии массива НКТ-Сопча и пакета трещинных интрузий норитов-бронзититов. В.Ф. Смолькин и соавторы [4], используя материалы глубокого бурения, показали, что породы Дунитового блока согласно залегают на расслоенной зоне или зоне ритмичного переслаивания субмеридиональной ветви (массив НКТ) Мончеплутона и не могут представлять собой раннюю фазу, ксенолит или позднюю фазу, секущую Мончеплутон. Дунитовый блок – закономерный член общего разреза Мончеплутона, залегание которого тектонически нарушено. Геологические наблюдения подтверждаются U-Pb датированием циркона из дайкообразных тел, прорывающих дуниты. Его возраст 2506-2487 млн. лет, т.е. внедрение наиболее ранних даек происходило на позднеинтрузивной стадии становления Мончеплутона. Из этого следует, что остывание пород Дунитового блока и закрытие U-Pb изотопной системы происходило не позднее формирования Мончеплутона. Авторы [4] подчёркивают, что ультраосновные породы Дунитового блока и составляющие их железо-магнезиальные силикаты испытали в позднемагматический этап интенсивные пластические деформации в условиях повышенных температур и давлений. Время деформаций не определено, по петрологическим данным они происходили до охлаждения Мончеплутона и предшествовали внедрению даек основного состава.

Рассматривая общий сценарий формирования Мончеплутона, В.Ф. Смолькин и соавторы предлагают следующую модель. Подъём магматических расплавов и расположение магмати-

ческих камер предопределено разломами позднеархейского заложения, среди которых выделяются главные системы СВ и восточного направлений. Первоначально по СВ системе трещин магма ультраосновного состава поступала в северную камеру Мончеплутона, формируя массивы Ниттис-Кумужья-Травяная и многочисленные мелкие интрузии. Питающий канал был расположен к ЮВ от Дунитового блока на пересечении двух систем разломов. На одном из этапов канал был заполнен частично закристаллизованным материалом, что изменило направление движения магмы. Материал, заполнивший канал, представляет собою дуниты и хромититы кумулятивной природы Дунитового блока. Он претерпел пластические твёрдофазные деформации в горячем состоянии в результате ранних тектонических подвижек. Затем магма продвигалась к востоку, формируя массивы Сопча-Нюд-Поаз, а на последнем этапе – массив предгорий Вурэчуайвенч, сложенный наиболее лейкократовыми породами основного состава. Таким образом, согласно [4], породы Дунитового блока образовались до того, как были сформированы массивы субширотной ветви Мончеплутона.

Результаты исследований дунитового тела на северном склоне г. Сопчи подтверждают эту схему. Вероятно, твёрдые фрагменты хромитоносных дунитов были оторваны от пород Дунитового блока и перемещены в восточном направлении на расстояние 2-3 км магматическим потоком, сформировавшим массив Сопча.

Я.А. Мирошникова благодарит сотрудников полевого отряда Геологического института КНЦ РАН Гребнева Р.А., Пахалко А.Г., Севостьянова А.Ю., Василенко Е.С. за помощь в сборе материала для подготовки бакалаврской диссертации.

#### Список литературы

1. Козлов Е.К. О некоторых спорных вопросах геологического строения массива Сопчуайвенч в Мончетундре // Вопросы геологии и минералогии Кольского п-ова. Л.: изд-во АН СССР, 1958. С. 7-24.
2. Козлов Е.К. Естественные ряды пород никеленосных интрузий и их металлогения. Л.: Наука, 1973. 288 с.
3. Припачкин П.В., Рундквист Т.В. Геологическое строение и платиноносность восточной части сопчинского «пласта 330», Мончегорский плутон, Кольский п-ов // Руды и металлы. 2007. № 1. С. 44-50.
4. Расслоенные интрузии Мончегорского рудного р-на: петрология, оруденение, изотопия, глубинное строение. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2004. Ч. 1. 177 с. Ч. 2. 177 с.
5. Федотов Ж.А., Мокрушин А.В. Ультраосновной магматизм Мончегорского рудного узла и металлогения хрома // Проблемы рудогенеза докембрийских щитов. Тр. Всерос. науч. конф., посв. 90-летию чл.-корр. РАН Г.И. Горбунова. Апатиты, 17-18 нояб. 2008. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 141-145.
6. Шарков Е.В., Смолькин В.Ф., Беляцкий В.Б. и др. Время формирования Мончетундровского разлома, Кольский п-ов, по данным Sm-Nd и Rb-Sr изотопных систематик метаморфических парагенезисов // Геохимия. 2006. № 4. С. 355-364.
7. Irvine T.N. Chromian spinel as a petrogenetic indicator. Pt I. Theory // Canad. J. Earth Sci. 1965. N 2. P 648-672.

#### Особенности строения разреза Восточно-Панского массива

Рундквист Т.В.<sup>1</sup>, Сапожков Д.И.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Мурманский государственный технический университет, Мурманск, denis\_forjob@mail.ru

#### Compositional peculiarities of the East Pana massif section

Rundkvist T.V., Sapozhkov D.I.

*Дан анализ результатов опробования на Pd, Pt, Cu, Ni и S пород на участке Вост. Чуарвы. Подтверждена специфика габроноритовых зон 1 и 2: фоновое содержание Ni выше в зоне 1, Cu и S – в зоне 2. Граница между зонами чётко выражена по отношению Ni/Cu. Изменение Ni/Cu по глубине на участке Вост. Чуарвы отличается от такового в Нижнем расслоенном горизонте Зап.-Панского массива. Ритмичная расслоенность не проявлена в зонах 1 и 2. Здесь наблюдается только слабо выраженная и незакономерная расслоенность.*

*Presented is an analysis of probing rocks from the West Chuarvy area for Pd, Pt, Cu, Ni and S. Peculiar features of the gabbronorite zones 1 and 2 are proved as follows: the Ni content is higher in zone 1, that of Cu and S is higher in zone 2. The footwall contact is clear-cut with the Ni/Cu ratio. The variation of Cu and Ni with depth on the East Chuarvy area differs from that in the Lower layered horizon of the West Pana massif. The rhythmic layering does not reveal in zones 1 and 2. Only a faintly developed and no regular layering is observed here.*

Восточно-Панский массив (ВПМ) – наиболее удалённая и наименее изученная часть Фёдорово-Панского расслоенного комплекса (ФПРК), расположенного в центральной части Кольского п-ова. С начала 1990-х гг. в ФПРК проводятся поисковые работы на ЭПГ. ВПМ представляет собой пластовое интрузивное тело, которое протягивается более чем на 30 км к востоку. Угол падения пластов в центральной части – 65-70°, к востоку достигает 80-85°. Мощность в центральной части не превышает 3.5 км и уменьшается к востоку. С севера вмещающие породы представлены архейскими гранито-гнейсами и щелочными гранитоидами, с юга – вулканогенно-осадочными породами кукшинской свиты Имандра-Варзугской структурной зоны карелид. Наиболее распространённые породы ВПМ – крупно-, среднезернистые лейко-, мезократовые габбро, их мощность достигает 2400 м. В габбро содержатся многие слои оливковых габбро, пижонитовых габброноритов, габброноритов. В нижней части разреза залегает габброноритовая зона мощностью до 800 м, преобладают среднезернистые мезократовые габбронориты, есть слои оливковых габброноритов [2, 3].

Таблица 1. Фоновые содержания Cu, Ni и S в зонах 1 и 2 Вост. Чуарвы.

№ скв.	№ зоны	n	значения	Cu	Ni	S
339	2	14	средние	0.011	0.006	<b>0.026</b>
			крайние	0.008-0.014	0.006-0.007	0.010-0.040
	1	42	средние	<b>0.010</b>	<b>0.010</b>	<b>0.010</b>
			крайние	0.003-0.032	0.004-0.015	0.005-0.030
341	2	115	средние	<b>0.012</b>	<b>0.006</b>	<b>0.038</b>
			крайние	0.007-0.015	0.004-0.008	0.005-0.060
	1	100	средние	<b>0.009</b>	<b>0.007</b>	<b>0.034</b>
			крайние	0.005-0.027	0.004-0.013	0.005-0.090
344	2	78	средние	<b>0.012</b>	<b>0.006</b>	<b>0.048</b>
			крайние	0.009-0.019	0.004-0.009	0.030-0.080
	1	113	средние	<b>0.010</b>	<b>0.006</b>	<b>0.027</b>
			крайние	0.005-0.026	0.004-0.011	0.010-0.070
386	2	44	средние	<b>0.011</b>	<b>0.005</b>	<b>0.042</b>
			крайние	0.008-0.015	0.004-0.008	0.005-0.070
	1	37	средние	<b>0.006</b>	<b>0.006</b>	<b>0.022</b>
			крайние	0.004-0.012	0.005-0.009	0.010-0.040
423	2	35	средние	<b>0.013</b>	<b>0.016</b>	<b>0.040</b>
			крайние	0.006-0.018	0.007-0.023	0.011-0.074
	1	39	средние	<b>0.005</b>	<b>0.019</b>	<b>0.015</b>
			крайние	0.001-0.008	0.005-0.045	0.005-0.033

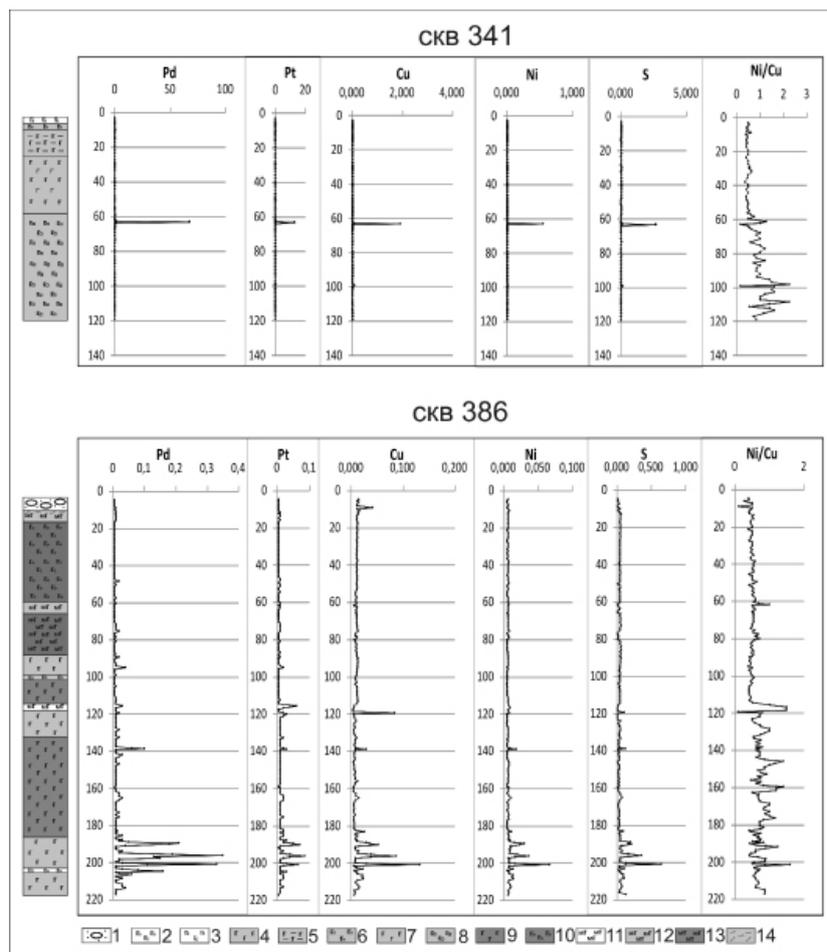


Рис. 1. Pd, Pt (ppm), Cu, Ni, S (мас. %) и Ni/Cu в породах Вост. Чуарвы. По материалам КГТК. 1 – сушь и песок с гравием габброидов; 2 – габбронорит лейко-, мезократовый крупнозернистый с пятнистой текстурой; 3 – габбро лейко-, мезократовое крупнозернистое с голубым кварцем и пятнистой текстурой; 4 – габбронорит мезократовый среднезернистый; 5 – габбронорит мезократовый среднезернистый трахитоидный; 6 – габбронорит мезократовый среднезернистый с пятнистой текстурой; 7 – габбронорит мезократовый среднезернистый с прослоями лейко-, мезократового крупнозернистого габбро; 8 – габбронорит мезократовый мелко-, среднезернистый пойкилитовый; 9 – габбронорит меланократовый мелкозернистый; 10 – оливинный габбронорит мезократовый средне-, крупнозернистый; 11 – мезо-, лейкократовый средне-, крупнозернистый метагаббронорит; 12 – метагаббронорит среднезернистый амфиболитизированный и рассланцованный; 13 – мезо-, меланократовый средне-, крупнозернистый метагаббронорит; 14 – трещиноватость.

уменьшается Cr [1]. Авторы [1] предлагают модель трёхчленного строения ВПМ из двух габброноритовых и одного габбрового циклических подразделений. Согласно модели, они сформированы в результате повторного наполнения магматической камеры новыми порциями фракционированного расплава.

Обработка результатов опробования скважин на месторождении Вост. Чуарвы позволила получить распределения фоновых содержаний Cu, Ni и S на контакте зон 1 и 2. Рассмотрены 5 скважин, от западного фланга до восточного пересекающих контакт. Из подсчёта исключены пробы с Pd > 0.1 и S > 0.090 (табл. 1). Видно небольшое, но устойчивое повышение фонового содержания Cu и S в габброноритах зоны 2. Фоновое содержание Ni выше в зоне 1. При этом руда ЭПГ находится преимущественно в верхней части зоны 1 (горизонт В). Эти наблюдения подтверждаются распределением отношения Ni/Cu в зонах 1 и 2. Для 68 скважин распределения Ni/Cu сильно отличаются (рис. 1). Выделены мощные пачки пород, где Ni/Cu < 1 и колеблется незначительно. В других частях разреза Ni/Cu > 1 и сильно варьирует. Контрастные пачки пород не связаны

ЭПГ минерализация обнаружена на всём протяжении ВПМ. Наиболее перспективное рудопоявление обнаружено В.П. Павловым в 2004 г. в габброноритовой зоне. В последующие два года работами ООО КГТК и ОАО «ПАНА» проведены поисково-оценочные работы. В 2006 г. КГТК подсчитала запасы месторождения Вост. Чуарвы и представила их в ГКЗ. Запасы поставлены на госбаланс [5]. По [1], ЭПГ минерализация в ВПМ сосредоточена в горизонтах А, В и С, совпадающих с границами магматических стратифицированных подразделений. Наиболее выдержанный и богатый – горизонт В на границе GNZ1 и GNZ2 в габброноритовой зоне. Данная граница, названная «footwall contact» (FWC), разделяет габбронориты с различной структурой, кумулюсной ассоциацией и геохимической спецификой. Большая часть (95 %) проб с ЭПГ оруденением из В находится в интервале 9.5 м непосредственно под FWC. В [1] даны распределения f, An (mol %), Cr, TiO<sub>2</sub> и Zr в породах Вост. Чуарвы и высказано предположение об образовании GNZ2 за счёт более фракционированной магмы по сравнению с GNZ1. На FWC при переходе от зоны 1 к 2 растёт содержание TiO<sub>2</sub> и Zr, немного

с рудоносными горизонтами и встречены в скважинах с рудами и без таковых (скв. 341 с богатой и скв. 386 с бедной минерализацией на рис. 1). Наиболее чётко граница пород, контрастных по Ni/Cu, проявлена в скважинах, пересекающих FWC, и совпадает с ним. Два типа распределения Ni/Cu проявлены практически во всех скважинах Вост. Чуарвы.

Такое распределение Ni/Cu по глубине характерно именно для участка Вост. Чуарвы. В [4] показано, что в НРГ Зап.-Панского массива отношения Ni/Cu подчёркивают ритмичную расслоенность тела, максимумы Ni/Cu совпадают с меланократовыми слоями (реже – с переслаиванием пироксенитов и лейкогаббро), минимумы – с лейкократовыми слоями. Это объясняется тем, что Cu в НРГ связана исключительно с сульфидами, а Ni – с сульфидами и силикатами.

Концентраторами силикатного никеля в НРГ являются ромбический и моноклинный пироксены. Отношение Ni/Cu наиболее высоко в безрудных и слабо оруденелых норитах и пироксенитах (в среднем 6.5), в лейкогаббро и анортозитах – < 1. Если норит или пироксенит содержат богатое сульфидное и ЭПГ оруденение, то максимум Ni/Cu не проявлен из-за высокого содержания Cu, сопоставимого с суммарным Ni. Спорадически в пироксенитах присутствует до 5-7 % оливина, в этих случаях отношение Ni/Cu может достигать очень высоких значений. Распределение Ni/Cu в НРГ может служить дополнительным индикатором меланократовых пород и критерием выделения ритмов.

Распределение Ni/Cu в разрезах Вост. Чуарвы имеет совершенно другой характер. Оливин в породах никак не отражается на кривой Ni/Cu (рис. 1, слой оливиновых габброноритов 18.1-60.0 м в скв. 386). Характерная для НРГ чёткая ритмическая расслоенность не проявлена в габброноритовых зонах 1 и 2. Здесь расслоенность проявлена слабо и незакономерно. Но не вызывает сомнения геохимическая специфика зон 1 и 2, а также наличие резкой границы между ними.

Таким образом, габброноритовые зоны 1 и 2 в нижней части ВПМ различны по геохимической специфике, что подчёркивается кривыми Ni/Cu по скважинам, пересекающим их контакт. Это подтверждает гипотезу о формировании зон 1 и 2 из различных порций фракционированного расплава.

#### Список литературы

1. Казанов О.В., Калинин А.А. Строение и МПГ минерализация Вост.-Панского расслоенного массива // Межд. сотрудничество и обмен опытом в геологическом изучении и разведке платинометалльных месторождений северной части Фенноскандинавии. Промежуточные результаты межд. проекта KOLARCTIC INTERREG III A North – TACIS N KA-0197 «Стратегические минеральные ресурсы – основа устойчивого развития Севера», Россия – Финляндия – Швеция. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 56-67.
2. Корчагин А.У., Митрофанов Ф.П., Рундквист Т.В. и др. Особенности геологического строения Фёдорово-Панского расслоенного массива и проявления платиновых металлов в его восточной части // Платина России. Проблемы развития, оценки, воспроизводства и комплексного использования минерально-сырьевой базы платиновых металлов. Т. V. М.: изд-во «Геоинформмарк», 2004. С. 143-151.
3. Рундквист Т.В., Иванов С.В., Припачкин П.В. и др. Расслоенный комплекс пород Вост.-Панского раннепротерозойского мафитового массива, Кольский п-ов: новые данные // Петрология и рудоносность регионов СНГ и Балтийского щита. Матер. Межд. (X Всерос.) петрографического совещ. Апатиты, 20-22 июня 2005. Т. 3. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2005. С. 234-236.
4. Рундквист Т.В., Севостьянов А.Ю. Ритмичное строение нижнего расслоенного горизонта Западно-Панского массива и отношение Ni/Cu в его породах // Проблемы рудогенеза докембрийских щитов. Тр. Всерос. науч. конф., посв. 90-летию чл.-корр. РАН Г.И. Горбунова. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 133-137.
5. Уорд М., Маклухин Д., Калинин А.А. и др. ООО «Кольская горно-геологическая компания» – поиски МПГ в восточной части Панских тундр // Межд. сотрудничество и обмен опытом в геологическом изучении и разведке платинометалльных месторождений северной части Фенноскандинавии. Промежуточные результаты межд. проекта KOLARCTIC INTERREG III A North – TACIS N KA-0197 «Стратегические минеральные ресурсы – основа устойчивого развития Севера», Россия – Финляндия – Швеция. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 52-55.

**Золоторудная минерализация орогенного типа Курского мегаблока  
Воронежского кристаллического массива**

Рыборак М.В., Альбеков А.Ю.

Воронежский государственный университет, Воронеж, petrology@list.ru

**Ore-bearing mineralization of orogenic type in the Kursk megablock of the  
Voronezh crystalline massif**

Ryborak M.V., Al'bekov A.Yu.

*Показаны структурно-тектоническое положение и вещественный состав золоторудных проявлений в Курском мегаблоке Воронежского кристаллического массива. Установлена их приуроченность к региональной сдвиговой тектонической зоне. Определено устойчивое преобладание Ag над Au (до 100:1) при максимальных содержаниях Au 9.8 г/т, Ag 38.1 г/т. По совокупности признаков установлена принадлежность Хальзевской группы проявлений к Au-Ag мезотермальному (орогенному) типу.*

*The structural-tectonic position and composition of gold mineralization of the Kursk megabloc of the Voronezh crystalline massif (Central Russia) are investigated. Their spatial association with the regional tectonic shear zone is established. A steady dominance of silver over gold (Au: Ag up to 1:100) with a maximum content of gold 9.8 ppm silver, 38.1 ppm is defined. The set of characteristics allowed defining the Halzevskaya group occurrences belonging to the gold-silver mesothermal (orogenic) type.*

В пределах докембрийского фундамента Курского мегаблока Воронежского кристаллического массива известно более 100 проявлений Au. При нынешней изученности ни одно из них не превышает ранг рудопоявления. В докембрийской истории мегаблока процессы Au рудогенеза проявлялись от мезоархея до палеопротерозоя [3]. В мезоархейских комплексах известны Au-Pt проявления в высокоуглеродистых плаггиогнейсовых образованиях; обширная группа проявлений Au связана с неорархейскими гранит-зеленокаменными формациями, включая Au-Pt проявления в интрузивных мафит-ультрамафитовых комплексах. Установлена пространственно-генетическая связь Au минерализации с неорархейскими гранитоидными интрузиями и их дайковым комплексом. Перспективы связываются с метаморфизованными палеороссыпьями раннего палеопротерозоя, железисто-кремнисто-сланцевой и вулканогенно-осадочной палеопротерозойскими формациями. Значительная часть проявлений относится к гидротермальному типу, включающему гидротермально-метасоматические и метаморфогенно-гидротермальные разновидности.

Полученные в последние десятилетия данные показывают, что в ряду докембрийских Au объектов наибольшее промышленное значение имеют месторождения, пространственно связанные с региональными зонами сдвиговых деформаций глубинного заложения. Приоритет тектонического контроля, несмотря на разнородность состава, строения и генетических особенностей, определяет их объединение в общую группу орогенных мезотермальных месторождений [4].

Важную роль в тектоническом строении Курского мегаблока играют неорархейские зеленокаменные пояса и пространственно связанные с ними рифтогенные палеопротерозойские структуры, составляющие Белгородско-Михайловскую и Алексеевско-Воронежскую зоны. Согласно принятой региональной модели тектонического развития [1, 2], в ходе палеопротерозойского рифтогенеза и последующей коллизии в западных бортах структур произошло заложение глубинных региональных сдвиговых зон, падающих в восточном направлении.

На всем протяжении Белгородско-Михайловской структуры (> 300 км), преимущественно в её западной части, вблизи тектонического контакта архейских и палеопротерозойских комплексов выявлен ряд разномасштабных проявлений Au минерализации: а) в южной части – в западном обрамлении Белгородской синклинали, в зоне тектонического контакта палеопротерозойских и архейских СВК – Олимпийский, Висловский и Косиновский участки; б) в центральной части – Дичняно-Реутецкая площадь; в) в северной части Белгородско-Михайловской структуры, в западном борту Новоялтинско-Михайловской синклинали – Игнатьевский участок с Хальзевской группой проявлений Au.

В границах последнего участка по геофизическим данным и результатам бурения в неорархейских плаггиогритах салтыковского комплекса прослежена субмеридиональная Хальзевско-Михайловская разломная зона взбросового типа, с падением плоскости сместителя на восток под углом 60-75°. В местах выхода на поверхность докембрийского фундамента она проявлена гравимагнитными минимумами, отличающимися от минимумов, маркирующих контактовые

зоны, меньшей контрастностью и устойчивым прослеживанием в пределах однородных объектов. Зоны, несущие оруденение, представлены кварцевыми жилами, прожилками, участками сульфидизации, березитизации, серицитизации, окварцевания, хлоритизации и карбонатизации преимущественно в брекчированных, катаклазированных и милонитизированных породах. В плагиогранитах гидротермальные изменения проявляются в виде микроклинизации, новообразований плагиоклаза, отмечается высокая насыщенность дайками кварцевых порфиров и пегматоидных плагиогранитов.

В контурах контролируемой Хальзевско-Михайловским разломом рудной зоны шириной 1 км, прослеживающейся в субмеридиональном направлении > 8 км, выявлены 2 рудопроявления, несколько пунктов минерализации и геохимических аномалий Au.

Рудопроявление Околотновское, с максимальным выявленным содержанием Au до 9.8 г/т представлено гидротермально изменёнными породами в трещиноватых, милонитизированных плагиогранитах. Рудное тело насыщено кварцевыми жилами, прожилками, участками объёмного окварцевания, зонами хлоритизации, прорвано многочисленными дайками кислого состава. Сульфиды (1-3 %) представлены пиритом, халькопиритом, реже пирротинном, борнитом, галенитом, молибденитом. Наибольшие содержания и видимое Au в сростании с хлоритом определены в кварцевой жиле субвертикального падения, северного простирания, мощностью 2.8 м. В жиле наблюдаются 2 генерации кварца, серицит до 25 %, реже хлорит, сульфиды в виде вкрапленности, реже гнездообразные и прожилковые обособления от единичных зёрен до 2-3 %. Характерна ассоциация с Ag (до 38.1 г/т), Cu, Bi, Pb, Zn, Mo и W (вмещающие плагиограниты специализированы на W).

Схожее оруденение наблюдается в Хальзевском рудопроявлении, где в березитизированных, окварцованных плагиогранитах содержания Au достигают 2.6 г/т при 21.6 г/т Ag. Пункты минерализации и геохимические аномалии Au также связаны с гидротермально проработанными зонами трещиноватости с аналогичным составом сульфидов и геохимической ассоциацией элементов. Южнее располагающихся в плагиогранитах проявлений вдоль разлома концентрируются аномалии, пункты минерализации и рудопроявления (Медовое-I, Медовое-II) Au, локализованные в палеопротерозойских железисто-кремнисто-сланцевых образованиях курской серии.

В целом можно выделить следующие характерные особенности описанной рудной зоны:

- приуроченность проявлений к региональному сдвиговому тектоническому нарушению с обширной зоной трещиноватости, рассланцевания, дробления, брекчирования и милонитизации;
- широкой спектр гидротермальных изменений – березитизация, хлоритизация, прожилково-вкрапленная сульфидизация, жильное, прожилковое и объёмное окварцевание, карбонатизация;
- насыщенность тектонизированных зон дайками пегматоидных плагиогранитов и кварцевых порфиров;
- геохимическая ассоциация Au с Ag, Cu, Bi, Pb, Zn, Mo и W.

Отчётливый тектонический контроль, характерный спектр гидротермальных изменений, устойчивое значительное преобладание Ag над Au (до 100:1) позволяют отнести Хальзевскую группу проявлений к Au-Ag мезотермальному (орогенному) типу.

#### Список литературы

1. Минерагенические исследования территорий с двухъярусным строением на примере Воронежского кристаллического массива. М.: изд-во Геокарт-Геос, 2007. 284 с.
2. Чернышов Н.М., Ненахов В.М., Лебедев И.П. и др. Модель геодинамического развития Воронежского кристаллического массива в раннем докембрии // Геотектоника. 1997. № 3. С. 21-30.
3. Чернышов Н.М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона, Центральная Россия. Воронеж: изд-во ВГУ, 2004. 448 с.
4. Groves D.I., Goldfarb R.J., Gebre-Mariam M. *et al.* Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types // Ore Geol. Rev. Spec. Issue. 1998. V 13. P 7-27.

## Определение ориентировки кубических кристаллов в средах с предельными группами симметрии

Степенщиков Д.Г.

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, dm706390@mail.ru

### Determination of cubic crystals orientation in the media with limit symmetry groups

Stepenshchikov D.G.

*Внешняя симметрия кристалла – результат пересечения его собственной симметрии и симметрии среды. Для кубических кристаллов установлена связь между симметрией среды, собственной и внешней симметриями кристалла и его ориентировкой в среде. Это позволяет решать обратные задачи: определять симметрию среды и положение кристалла в ней при известных внешней и собственной симметрии кристалла.*

*An external crystal symmetry is a result of a crystal inner symmetry intersecting a medium symmetry. Determined is the interrelation between the medium symmetry, inner and outer ones of a crystal and its orientation in the medium. It provides solving the inverse tasks of identifying the medium symmetry and crystal orientation in the medium with given inner and outer crystal symmetries.*

Существует глубокая связь внешней симметрии кристалла и симметрии среды, характеризуемой одной из 7 предельных групп симметрии Кюри. Согласно принципу суперпозиции, форма кристалла сохраняет те элементы симметрии, которые являются общими для кристалла и среды. Важное значение имеет их взаимная ориентировка – различные положения кристалла в среде приводят к его различной внешней симметрии.

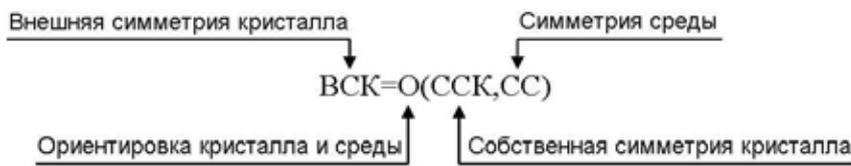


Рис. 1. Связь параметров среды и кристалла.

Рассмотрим подробнее связь четырёх действующих факторов: собственную (внутреннюю) симметрию кристалла, его видимую (внешнюю) симметрию, симметрию среды и ориентировку кристалла в среде. Пусть

кристалл огранён только одной простой формой – это позволит избежать случаев, когда видимая симметрия кристалла завышается за счёт исчезновения быстрорастущих граней других простых форм. Тогда внешняя симметрия кристалла будет результатом пересечения собственной симметрии кристалла и симметрии среды, завися от их взаимной ориентировки. Иначе говоря, внешняя симметрия кристалла – функция собственной симметрии кристалла и симметрии среды, а их взаимная ориентировка – специальный вид этой функции (рис. 1). Говоря о симметрии среды, мы подразумеваем взаимное положение её собственных элементов симметрии. Например, если среда характеризуется симметрией покоящегося цилиндра, то не важно, куда направлена его главная ось – в любом случае среда имеет симметрию покоящегося цилиндра.

Знание любых трёх из указанных параметров позволяет оценить четвёртый. Внешняя симметрия кристалла определяется точно – достаточно выбрать совпадающие при данной ориентировке элементы симметрии кристалла и среды.

Остальные параметры могут быть точно определены только в некоторых случаях, т. к. одна и та же внешняя симметрия кристалла может соответствовать различным наборам оставшихся трёх параметров – подобно тому как функция от разных аргументов может принимать одно и то же значение. В некоторых случаях для определяемого параметра может быть указан набор возможных значений.

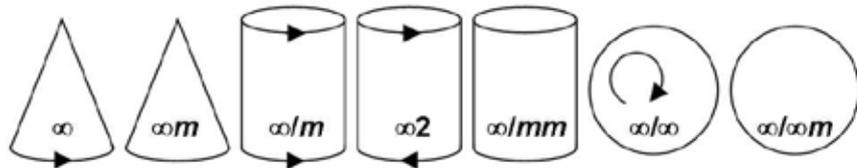
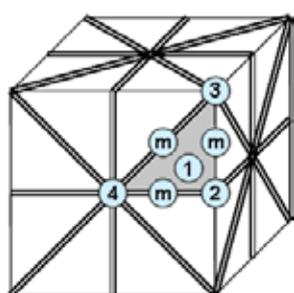


Рис. 2. Геометрическая интерпретация семи предельных групп симметрии.

Пять предельных групп симметрии содержат одну ось бесконечного порядка  $\infty$ , две оставшиеся имеют бесконечное число таковых (рис. 2). Предположим, что симметрия среды описы-

вается одной из предельных групп симметрии. Если для вращающегося и покоящегося шаров понятие ориентировки не имеет смысла, то для первых пяти фигур есть несколько способов ориентировки оси  $\infty$  относительно элементов собственной симметрии кристалла. Чтобы определить все эти способы, рассмотрим, например, самую высокую группу кубической сингонии  $m\bar{3}m$ , элементы симметрии которой отображены на кубе (табл. 1). Кружками обозначены все точки выхода главной оси симметрии среды, проходящей через центр кристалла, символами в кружках – элементы симметрии кристалла, проходящие через эти точки. В силу высокой симметрии кристалла достаточно рассмотреть только небольшой фрагмент его поверхности – треугольник, составляющий восьмую часть квадратной грани (показан серым цветом). Остальные ориентировки главной оси симметрии среды будут эквивалентны рассмотренным. Для каждой ориентировки найдём результат пересечения собственной симметрии кристалла и симметрии среды. Результат сведён в табл. 1. Характерно, что для трёх различных выходов главной оси через плоскости  $m$  внешняя симметрия кристалла характеризуется одинаково. Аналогично найдём результат для остальных точечных групп симметрии кубической сингонии (табл. 2-5). Для них необходимо рассмотреть также такие положения главной оси симметрии среды, при которых она перпендикулярна плоскостям симметрии и осям 2 кристалла. На рисунках эти положения обозначены квадратами и подписаны латинскими буквами. Пунктиром обозначены воображаемые плоскости, в которых может лежать главная ось симметрии среды. Положение последней можно брать произвольным, за исключением случаев, когда она совпадает с осью симметрии кристалла. Так, для кристалла с симметрией  $432$  (табл. 2), точка *a* выхода главной оси может быть в любом месте отрезка, соединяющего оси 2 и 4, за исключением концов; точка *b* – в любом месте отрезка, соединяющего оси 3 и 4; точка *c* – в любом месте отрезка, соединяющего оси 2 и 3. Точка выхода, обозначенная кружком с цифрой 1, может находиться в треугольнике, очерченном пунктирными отрезками, за исключением его границы. Для всех групп симметрии рассматриваемой областью точек выхода будет треугольный участок грани куба, аналогичный показанному в табл. 1, поскольку энантиоморфизм кристалла в нашей задаче значения не имеет. Заметим, что оси предельных групп симметрии  $\infty$  и  $\infty m$  полярны, а  $\infty 2$  и  $\infty/\infty$  – биаксиальны. При их пересечении с инверсионными осями кристалла последние переходят в обычные оси с понижением порядка. Так, при пересечении групп симметрии  $\infty$  и  $43m$  и совпадении главной оси среды с осью 4 последняя переходит в ось 2.

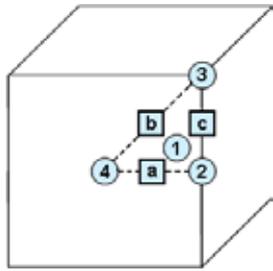
Таблица 1. Внешняя симметрия кристалла с собственной симметрией  $m\bar{3}m$  в средах с предельными группами симметрии.



$m\bar{3}m$	1	$m$	2	3	4
$\infty$	1	1	2	3	4
$\infty m$	1	$m$	$mm2$	$3m$	$4mm$
$\infty/m$	$\bar{1}$	$\bar{1}$	$2/m$	3	$4/m$
$\infty 2$	1	2	222	32	422
$\infty/mmm$	$\bar{1}$	$2/m$	$mmm$	$\bar{3}m$	$4/mmm$
$\infty/\infty$	432				
$\infty/\infty m$	$m\bar{3}m$				

Полученные результаты позволяют оценить ориентировку элементов симметрии среды при известной внешней и собственной симметрии кристалла. Так, если собственная симметрия кристалла  $m\bar{3}m$ , а внешняя  $4mm$ , то можно утверждать (табл. 1), что кристалл рос в среде с симметрией  $\infty m$  и был ориентирован так, что ось  $\infty$  среды и ось 4 кристалла совпадали. Но это самый благоприятный случай соответствия. При других исходных данных оценки симметрии среды или взаимной ориентировки кристалла и среды хуже. Пример – кристалл с собственной симметрией  $m\bar{3}$  и внешней симметрией  $2/m$ . Можно утверждать (табл. 4), что среда имеет симметрию  $\infty/m$  или  $\infty/mmm$ , причём ось  $\infty$  среды параллельна оси 2 в первом случае или одной из плоскостей симметрии кристалла – во втором. В худшем случае, когда внешняя симметрия кристалла тригональна, а сам кристалл низкосимметричен (например, имеет симметрию  $23$ ), симметрию среды можно характеризовать только как анизотропную. О взаимной ориентировке можно сказать лишь то, что ось  $\infty$  среды не проходит через оси симметрии кристалла.

Таблица 2. Внешняя симметрия кристалла с собственной симметрией  $432$  в средах с предельными группами симметрии.



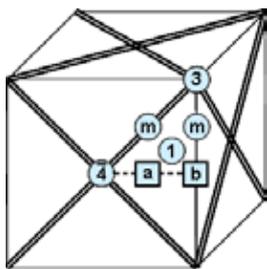
$432$	1	2	3	4	a	b	c
$\infty$	1	2	3	4	1	1	1
$\infty m$	1	2	3	4	1	1	1
$\infty/m$	1	2	3	4	1	1	1
$\infty 2$	1	222	32	422	2	2	2
$\infty/m\bar{m}$	1	222	32	422	2	2	2
$\infty/\infty$	$432$						
$\infty/\infty m$	$432$						

Возможны четыре интерпретации:

- 1) достоверно определяются симметрия среды и ориентировка кристалла (внешняя симметрия уникальна; зелёные ячейки в таблице);
- 2) достоверно определяется только симметрия среды (внешняя симметрия только в одной строке, возможно, повторяясь; жёлтые ячейки в таблице);
- 3) достоверно определяется только ориентировка кристалла (внешняя симметрия только в одном столбце, возможно, повторяясь; голубые ячейки в таблице);
- 4) достоверно нельзя определить ни симметрию среды, ни ориентировку кристалла (прочие случаи; оранжевые ячейки в таблице).

Первый вариант не гарантирует точное определение ориентировки кристалла. Пример – случай внешней симметрии кристалла  $m$  (табл. 1). Несмотря на то, что значение внешней симметрии уникально, остаётся неясным, в каком положении находится ось  $\infty$  среды – все три положения дадут одинаковый результат. Соответствующая ячейка в табл. 1 показана серо-зелёным цветом. Заметим, что для энантиоморфных кристаллов невозможны ни первая, ни вторая интерпретации. Пока неизвестно, имеет ли место то же для других групп симметрии, допускающих энантиоморфизм (напр.,  $222$  или  $32$ ).

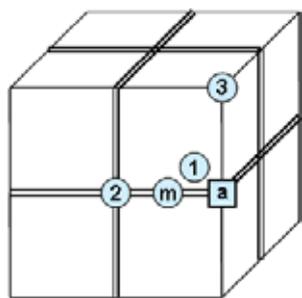
Таблица 3. Внешняя симметрия кристалла с собственной симметрией  $\bar{4}3m$  в средах с предельными группами симметрии.



$\bar{4}3m$	1	$m$	3	$\bar{4}$	a	b
$\infty$	1	1	3	2	1	1
$\infty m$	1	$m$	$3m$	$mm2$	1	$m$
$\infty/m$	1	1	3	$\bar{4}$	1	$m$
$\infty 2$	1	1	3	222	2	2
$\infty/m\bar{m}$	1	$m$	$3m$	$42m$	2	$mm2$
$\infty/\infty$	$23$					
$\infty/\infty m$	$\bar{4}3m$					

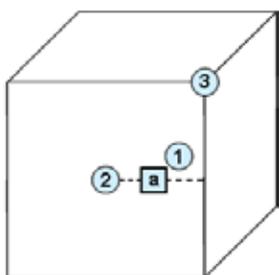
Выше рассмотрены только высокие группы симметрии кубической сингонии, иногда позволяющие определить симметрию среды или положение кристалла в ней. Далее следует рассмотреть все группы симметрии средней и низшей сингоний. Предполагалось также, что среда характеризуется одной предельной группой симметрии. При нескольких одновременно действующих факторах в рассуждениях должно быть использовано пересечение их предельных групп симметрии. Результатом может быть предельная группа (оси  $\infty$  параллельны) или кристаллографическая точечная группа симметрии. Последний случай – задача Шафрановского: определить внешнюю симметрию кристалла-сростка, растущего в другом кристалле [1, 2].

Таблица 4. Внешняя симметрия кристалла с собственной симметрией  $m\bar{3}$  в средах с предельными группами симметрии.



$m\bar{3}$	1	$m$	2	3	a
$\infty$	1	1	2	3	1
$\infty m$	1	$m$	$mm2$	3	$m$
$\infty/m$	$\bar{1}$	$\bar{1}$	$2/m$	3	$\bar{1}$
$\infty 2$	1	2	$222$	3	2
$\infty/m\bar{m}$	$\bar{1}$	$2/m$	$mmm$	3	$2/m$
$\infty/\infty$	23				
$\infty/\infty m$	$m\bar{3}$				

Таблица 5. Внешняя симметрия кристалла с собственной симметрией 23 в средах с предельными группами симметрии.



23	1	2	3	a
$\infty$	1	2	3	1
$\infty m$	1	2	3	1
$\infty/m$	1	2	3	1
$\infty 2$	1	$222$	3	2
$\infty/m\bar{m}$	1	$222$	3	2
$\infty/\infty$	23			
$\infty/\infty m$	23			

#### Список литературы

1. Шафрановский И.И., Мокиевский В.А., Дементьева Г.И. Систематика и внешняя симметрия кристаллических включений в монокристаллической среде // Минералогический сборник Львовского геол. об-ва. 1962. № 16. С. 48.
2. Шафрановский И.И. Лекции по кристалломорфологии. М.: Высшая школа, 1968. 174 с.

#### О реальных ромбических и тетрагональных дипирамидах

Степенщиков Д.Г., Войтеховский Ю.Л.

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, dm706390@mail.ru, voyt@geoksc.apatity.ru

#### On the real rhombic and tetragonal dipyrramids

Stepenshchikov D.G., Voytekhovsky Yu.L.

*Ранее найденные комбинаторные многообразия реальных ромбических и тетрагональных дипирамид дополнены двумя формами.*

*Two forms are added to the previously found combinatorial varieties of rhombic and tetragonal dipyrramids.*

В статье [1] авторами опубликованы комбинаторные многообразия реальных ромбических и тетрагональных дипирамид. Их получение стало естественным продолжением генерирования реальных кристаллографических простых форм, предложенных одним из авторов (Ю.В.) для описания кристаллов, растущих в условиях диссимметризирующей среды. Первым в этой работе, продолжающейся и сейчас, получено комбинаторное разнообразие реальных простых форм

октаэдра [2]. Ромбическая и тетрагональная дипирамиды представляют собой октаэдр, деформированный вдоль двух и одной осей симметрии 4-го порядка, соответственно. Разработанная другим автором (Д.С.) компьютерная программа позволила автоматизировать получение реальных кристаллографических простых форм и дополнила множество реальных кристаллографических октаэдров двумя формами. Аналогично, в результате повторного перечисления многообразий реальных ромбических и тетрагональных дипирамид выявлено по одной новой форме в каждом классе (рис. 1).

Таким образом, работой устанавливаются новые числа ромбических (всего 81) и тетрагональных (всего 56) дипирамид. Новая форма ромбической дипирамиды отличается от известных форм № 77 и № 78 [2] углами между соответствующими гранями. Все три формы имеют симметрию  $2/m$  (рис. 2). Новая форма тетрагональной дипирамиды комбинаторно эквивалентна форме № 53 в прежнем списке [2], но отличается от неё более высокой точечной группой симметрии  $mmm$ .

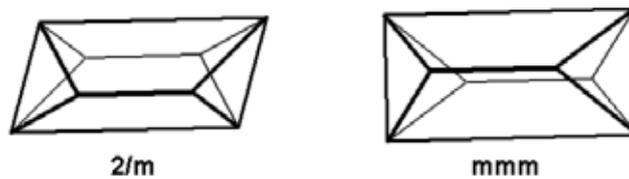


Рис. 1. Новые формы реальных ромбической (слева) и тетрагональной (справа) дипирамид.

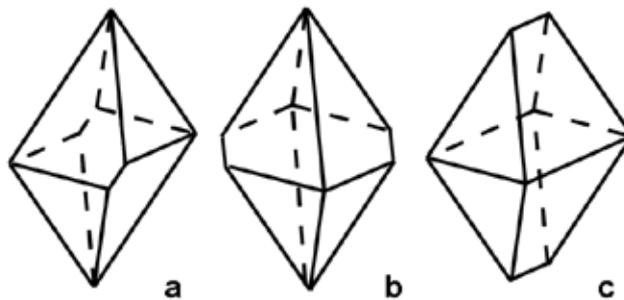


Рис. 2. Различные формы ромбической дипирамиды одного комбинаторного типа.

#### Список литературы

1. Войтеховский Ю.Л., Степенщиков Д.Г. Реальные кристаллографические простые формы // Зап. ВМО. 2004. № 2. С. 112-120.
2. Voytekhovskiy Yu.L. On the real crystal octahedral // Acta. Cryst. 2002. A58. P 622-623.

#### **Взаимные переходы комбинаторно различных октаэдров**

Степенщиков Д.Г., Войтеховский Ю.Л.

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, dm706390@mail.ru, woyt@geoksc.apatity.ru

#### **The mutual transitions of combinatorially different octahedra**

Stepenshchikov D.G., Voytekhovskiy Yu.L.

Рассмотрены взаимные переходы комбинаторно различных форм октаэдра (всего 33), позволяющие моделировать рост природных октаэдрических кристаллов. Все переходы собраны в таблице, удобной для анализа реальных форм природных кристаллов, например, изображённых во всемирно известном «Атласе кристаллических форм» В. Гольдшидта (1916 и др.).

*The mutual transitions of combinatorially different forms of octahedra (33 in total) are considered, which allows to modeling the growth of natural octahedral crystals. They resulted in the table handy to analyze the real forms of native crystals, in particular, collected in the world known «Atlas der Krystallformen» by V. Goldschmidt (1916 et al.).*

Ранее был введён термин «реальная кристаллографическая простая форма» [4]. Он расширяет классическое определение идеальной кристаллографической простой формы или их комбинаций, допуская различное удаление граней формы от начала координат. Для каждой идеальной простой формы или их комбинации существует бесконечное множество геометрических реализаций, которое можно разбить на подмножества по признаку различного контактирования граней (комбинаторному типу) полиэдра. В каждом подмножестве полиэдры комбинаторно эквивалентны. Будем говорить, что все полиэдры из такого подмножества имеют одну и ту же реальную форму. И наоборот, соответствующая реальная форма может быть охарактеризована любым полиэдром из этого подмножества. Удобно, однако, в качестве представителя выбирать полиэдр с максимальной (комбинаторной, топологической) точечной группой симметрии.

Для некоторых кристаллографических простых форм (все тетраэдры, куб, ромбоэдр) реальная форма единственна. Для других число реальных форм может быть довольно велико. Авторами перечислен ряд комбинаторных разнообразий реальных простых форм и их комбинаций [2, 5 и др.]. Далее рассмотрим реальные простые формы октаэдра (всего 33) как инструмент для моделирования анизотропного роста октаэдрических кристаллов (рис. 1).

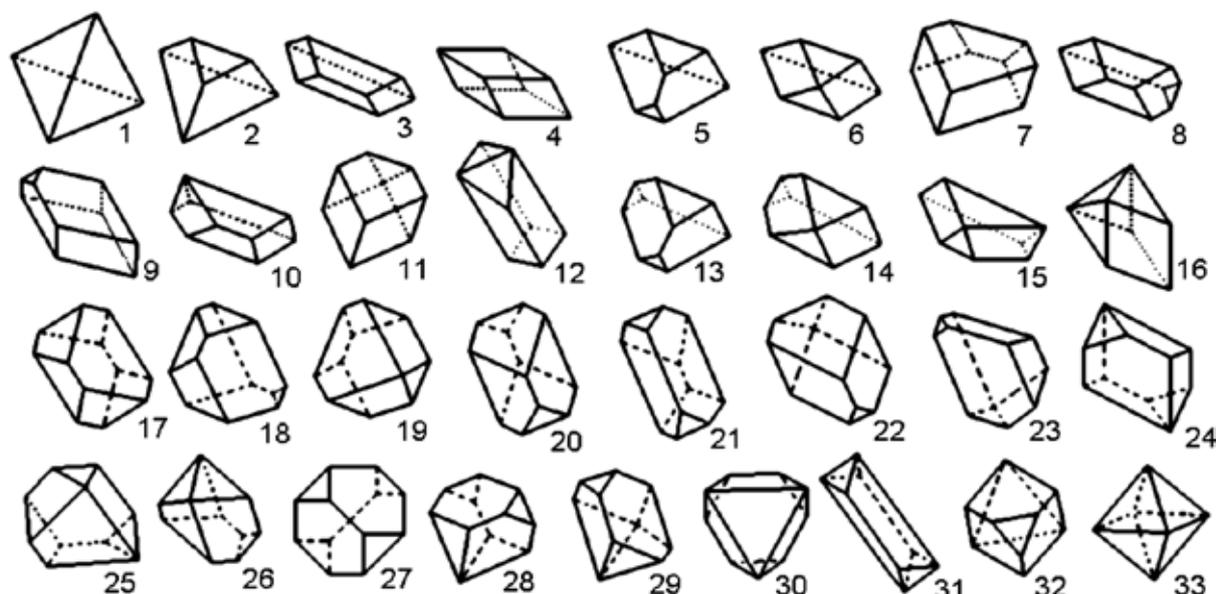


Рис. 1. Комбинаторно различные октаэдры.

Тангенциальный рост граней кристалла можно рассматривать как их параллельный сдвиг вдоль нормалей. В зависимости от условий кристаллообразования, скорости роста граней даже одной и той же простой формы могут отличаться. Реальная форма кристалла при этом меняется сложным образом. Будем рассматривать ростовой сдвиг одной грани при неподвижных остальных. В зависимости от выбора сдвигаемой грани результат может быть различным. Продемонстрируем это на примере формы № 8 (рис. 1). Сдвиг изображён на рис. 2. Подвижная грань обозначена стрелкой. При росте грани до определённого момента реальная форма кристалла остаётся прежней (стадия I, рис. 2). В момент вырождения ребра грани в вершину (стадия II, рис. 2) кристалл приобретает форму № 14. Дальнейший рост грани (стадия III, рис. 2) приводит к смене реальной формы на № 13 и, наконец, растущая грань исчезает с поверхности кристалла (стадия IV, рис. 2), приводя его к форме № 5. В нашем эксперименте реальная форма кристалла сменилась трижды, на последнем шаге число граней уменьшилось на единицу. На рис. 3 изображена та же исходная форма с другой подвижной гранью. В этом случае при росте грани до выклинивания форма кристалла поменяется пять раз (№№ 10, 7, 11, 9 и 4, для стадий II-VI, соответственно).

В целом, при тангенциальном росте отдельной грани кристалла возможны три случая: 1) реальная форма кристалла не меняется; 2) реальная форма меняется, число граней остаётся

прежним; 3) реальная форма меняется, число граней уменьшается на единицу. Первый случай говорит о том, что каждая реальная форма кристалла допускает геометрические вариации. Облик кристалла при этом может радикально меняться от изометричного до столбчатого, таблитчатого или дошковидного. Второй и третий случаи интересны тем, что растущий кристалл может менять свою реальную форму в зависимости от скорости роста различных граней. В рассмотренных примерах смещалась одна грань. В природе все грани растут одновременно, но из-за различных скоростей роста и удалений от центра кристалла можно считать, что смена реальной формы происходит в момент сдвига некоторой одной грани. На основании последовательных смещений граней различных реальных форм октаэдра можно построить таблицу взаимных переходов (табл.). Она показывает динамику изменения реальной формы октаэдрического кристалла. В левом столбце и верхней строке таблицы указаны номера реальных форм октаэдра (рис. 1). На пересечении строки, соответствующей  $i$ -той форме, и столбца, соответствующего  $j$ -той форме, стоит единица, если  $i$ -я реальная форма переходит в  $j$ -тую, в противном случае клетка пуста.

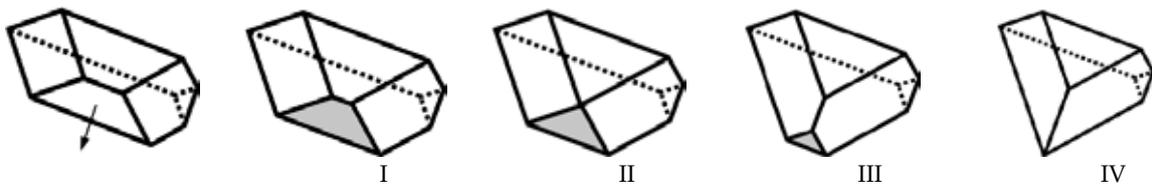


Рис. 2. Изменение формы кристалла вследствие роста грани (серое).

Анализ полученной таблицы позволяет сделать несколько выводов. Почти все реальные формы при определённых условиях роста октаэдрического кристалла могут переходить в другие. Исключение представляют формы №№ 1 и 4: первая образована выклиниванием четырёх граней октаэдра в результате их быстрого роста и оставляет кристалл изометричным, вторая образована в результате выклинивания пары параллельных граней и допускает в дальнейшем любое изменение облика кристалла. Таблица не симметрична – есть односторонние и взаимные переходы форм друг в друга. Каждый взаимный переход представляет собой простейший цикл, но существуют и более сложные циклы, например, №№ 32-26-31-25-30-33. Иначе говоря, после сложных эволюций, сменившись рядом форм, исходная форма может снова появиться на кристалле. Этот вывод оказывается не тривиальным.

Смена реальной формы кристалла может происходить не только при изменении условий образования, вызвавших изменение скоростей роста граней, но и в стационарной изотропной среде. Если расстояния граней от центра кристалла уже не одинаковы, то единичный сдвиг всех граней (как бы растущих с одинаковыми скоростями) вдоль нормалей приведёт к другим соотношениям расстояний и форма кристалла уже не будет подобна себе, что рано или поздно приведёт к смене её комбинаторного типа. Ещё один вывод заключается в том, что переход между некоторыми реальными формами октаэдрического кристалла происходит не непосредственно, а представляет собой совокупность последовательных переходов.

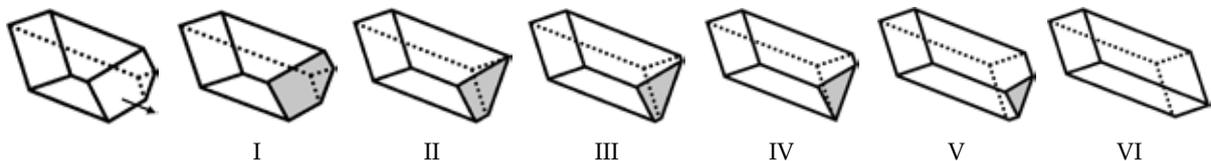


Рис. 3. Изменение формы того же (рис. 2) кристалла вследствие роста другой грани (серое).

В прилагаемой таблице использованы все возможные реальные формы октаэдра. Это сделано ввиду их малого разнообразия. На практике представляется более целесообразным использование обнаруженных взаимосвязей только между полногранными формами, т.к. неполногранные формы соответствуют сильно анизотропным природным условиям, что кажется маловероятным. Согласно [3], в природе встречаются полногранные формы октаэдра №№ 20, 27, 32 и 33. Неполногранная форма № 15 указана в атласе один раз (Taf. 33, Fig. 135). В статье [1] отмечена также форма № 31. Вопрос о том, все ли полногранные реальные формы октаэдра могут быть реализованы на природных кристаллах, остаётся открытым.

Полученные данные позволяют проследить изменения реальных форм октаэдрических кристаллов, образованных в результате роста неизометричных полиэдрических зародышей в изотропной среде, а также в случаях, когда среда оказывает на идеальный кристалл диссимметризирующее влияние. Учёт реальной формы кристалла следует проводить с пониманием её возможных эволюций. В частности, не следует жёстко связывать симметрию реальной формы с симметрией кристалла и среды.

Таблица. Взаимные переходы комбинаторно различных форм октаэдров.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33			
1																																				
2	1																																			
3						1																														
4																																				
5	1					1																														
6		1		1																																
7										1	1				1																					
8		1								1		1		1																						
9			1								1	1																								
10						1	1					1			1																					
11						1		1				1				1																				
12							1	1	1	1																										
13				1											1	1	1																			
14					1		1						1		1																					
15						1			1			1	1		1																					
16								1				1		1																						
17																			1						1									1		
18						1														1				1	1						1					
19																		1	1					1	1											
20									1														1			1										
21								1																1		1	1									
22										1									1	1				1	1										1	
23										1									1			1			1	1				1						
24																				1			1													
25																		1	1		1	1										1	1			
26											1										1	1	1	1										1		
27												1																								
28													1										1						1	1	1					
29															1				1					1				1	1						1	
30																					1							1	1						1	
31																									1	1										
32																1										1		1								
33																																				1

### Список литературы

1. Бартошинский З.В., Гневушев М.А. Внешняя симметрия якутских алмазов и условия их кристаллизации // Зап. ВМО. 1969. № 5. С. 560-567.
2. Войтеховский Ю.Л., Степенщиков Д.Г. Реальные кристаллографические простые формы // Зап. ВМО. 2004. № 2. С. 112-120.
3. Goldschmidt V. Atlas der Krystallformen. Bd 3. Heidelberg: K. Winter's Buchhandlung, 1916.
4. Voytekhovskiy Yu.L. On the real crystal octahedra // Acta Cryst. 2002. A58. P 622-623.
5. Voytekhovskiy Yu.L., Stepenchikov D.G. On the real crystal rhombododecahedra // Acta Cryst. 2004. A60. P 582-584.

## Реальные тетрагональные скаленоэдры

Степенщиков Д.Г., Войтеховский Ю.Л.

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, dm706390@mail.ru, woyt@geoksc.apatity.ru

## The real tetragonal scalenohedra

Stepenshchikov D.G., Voytekhovsky Yu.L.

*В статье впервые перечислены, изображены и охарактеризованы гранными символами и точечными группами симметрии все (215) реальные тетрагональные скаленоэдры. Тем самым на сегодня перечислены и всесторонне изучены все реальные кристаллографические простые формы для замкнутых 4- ... 8-гранных идеальных простых форм.*

*In the paper all the real tetragonal scalenohedra (215 in total) are enumerated, drawn and characterized by facet symbols and symmetry point groups for the first time. I.e., up to now all the real crystal simple forms for closed 4-... 8-hedral ideal simple forms are enumerated and characterized.*

В этой статье авторы продолжают систематическое изучение реальных кристаллографических простых форм, которые определены ранее как полиэдры, ограниченные хотя бы некоторыми из граней идеальных кристаллографических простых форм, находящимися в стандартной ориентации, но на произвольных расстояниях от начала координат [4]. Алгоритм компьютерного перечисления и характеристики реальных кристаллографических простых форм изложен в [2]. Далее впервые перечислены, изображены, охарактеризованы гранными символами и точечными группами симметрии все (215) реальные тетрагональные скаленоэдры.

В приведённом ниже списке формы упорядочены по <порядкам групп автоморфизмов>, (точечным группам симметрии), **числу граней** и [гранным символам]. Последние указывают числа 3-... n-угольных граней на полиэдре. Статистика порядков групп автоморфизмов: <1> 171, <2> 37, <4> 5, <8> 2. Статистика точечных групп симметрии: (1) 171, (2) 35, (m) 2, (222) 4, (-4) 1, (-42m) 2. Статистика по числу граней: **4-hedra**: 4, **5-hedra**: 12, **6-hedra**: 46, **7-hedra**: 77, **8-hedra**: 76. Упорядоченный (как указано выше) список форм: **4-hedra**: [4] (1) 1, (2) 2, (222) 3, (-42m) 4, **5-hedra**: [23] (1) 5-12, [41] (1) 13-16, **6-hedra**: [06] (1) 17, (2) 18-20, [222] (1) 21-31, (2) 32-37, [24] (1) 38-43, (2) 44-46, [321] (1) 47-56, [42] (1) 57, 58, (2) 59-61, [6] (m) 62, **7-hedra**: [052] (1) 63-65, [133] (1) 66-70, [151] (1) 71-80, [2221] (1) 81-84, [2302] (1) 85-88, [232] (1) 89-96, [25] (1) 97-100, [3031] (1) 101-104, [313] (1) 105-111, [3211] (1) 112-121, [331] (1) 122-132, [412] (1) 133-135, [4201] (1) 136, [43] (1) 137, 138, [511] (1) 139, **8-hedra**: [044] (222) 140, [0602] (2) 141, [1331] (1) 142-144, [143] (1) 145, [1511] (1) 146-148, [206] (2) 149, [2222] (1) 150, (2) 151-153, [224] (1) 154-156, (2) 157, 158, [23111] (1) 159, [2321] (1) 160-166, [24002] (2) 167, [2402] (2) 168, [242] (1) 169, (2) 170-173, [2501] (1) 174-176, [31211] (1) 177, 178, [3131] (1) 179, [3212] (1) 180-182, [32201] (1) 183, [323] (1) 184-188, [33011] (1) 189, 190, [3311] (1) 191-193, [341] (1) 194, [4004] (-4) 195, (222) 196, [4022] (1) 197, (2) 198, 199, [40301] (1) 200, [404] (222) 201, [4121] (1) 202-205, [4202] (2) 206, 207, [42101] (1) 208, [422] (2) 209, 210, [4301] (1) 211, 212, [44] (m) 213, [503] (1) 214, [8] (-42m) 215.

Все формы даны на рис. 1 без ориентировки относительно кристаллографических осей, которая легко угадывается. Например, идеальный тетрагональный скаленоэдр (№ 215) изображён так, что его главная ось почти перпендикулярна плоскости рисунка.

Как и для других ранее перечисленных реальных простых форм, для тетрагонального скаленоэдра наблюдается «эффект малых граней». Это означает, что на некоторых формах есть относительные малые грани, которые нельзя увеличить без изменения комбинаторного типа формы: №№ 151, 177 и 180 (рис. 1). Этот эффект требует дальнейшего изучения ввиду того, что обычно комбинаторный тип полиэдра устойчив к значительным изменениям его геометрии.

Таким образом, на сегодня перечислены, изображены и всесторонне охарактеризованы комбинаторно-различные реальные разновидности всех замкнутых 4- ... 8-гранных идеальных простых форм: ромбического, тетрагонального и кубического тетраэдров, куба, ромбоэдра, ромбической и тетрагональной дипирамид, октаэдра, тетрагональных трапецоэдра и скаленоэдра. Кроме того, изучены реальные формы ромбододекаэдра и комбинации куба и октаэдра [1-4].

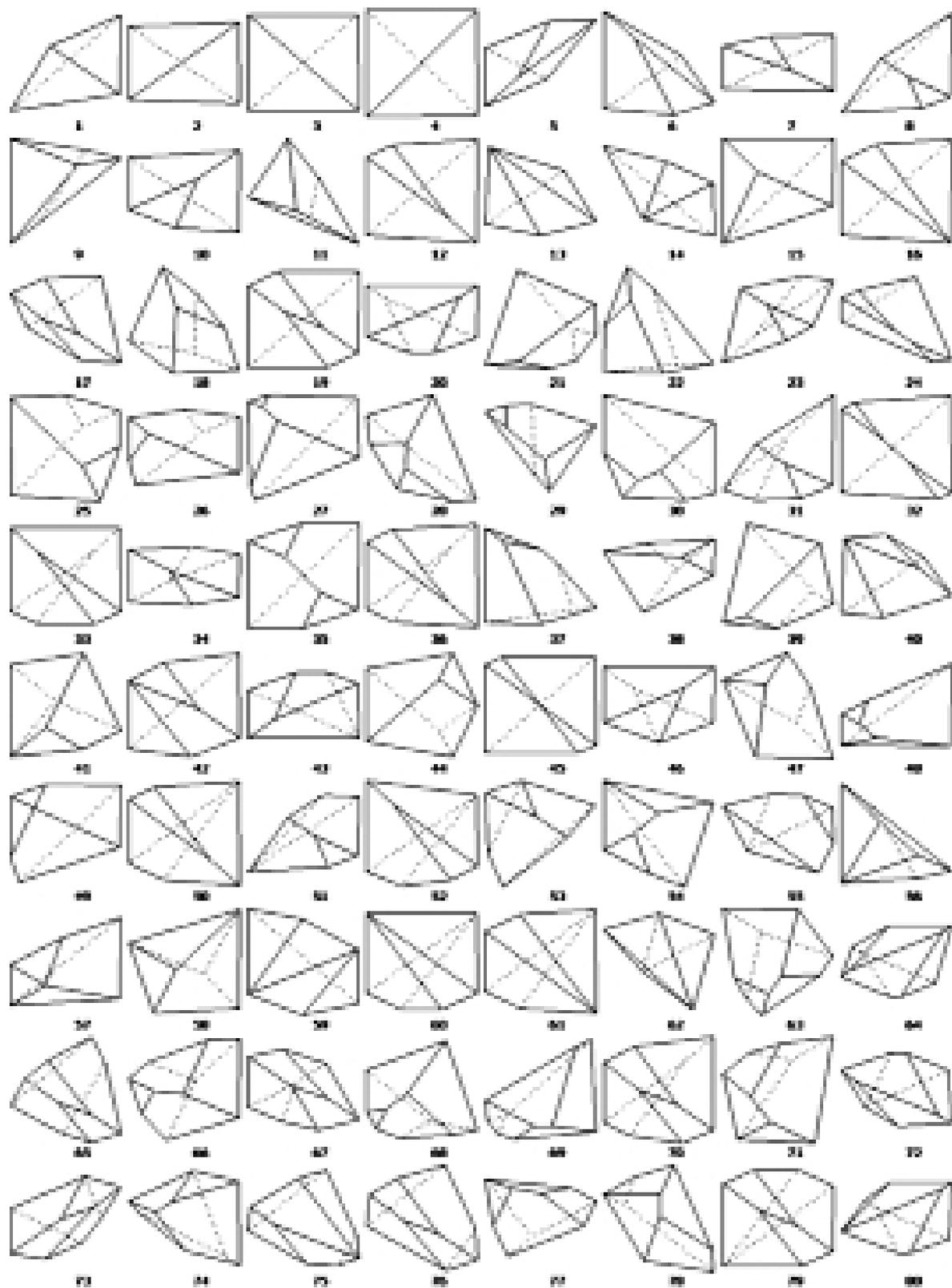


Рис. 1. Реальные формы тетрагонального скаленоэдра.

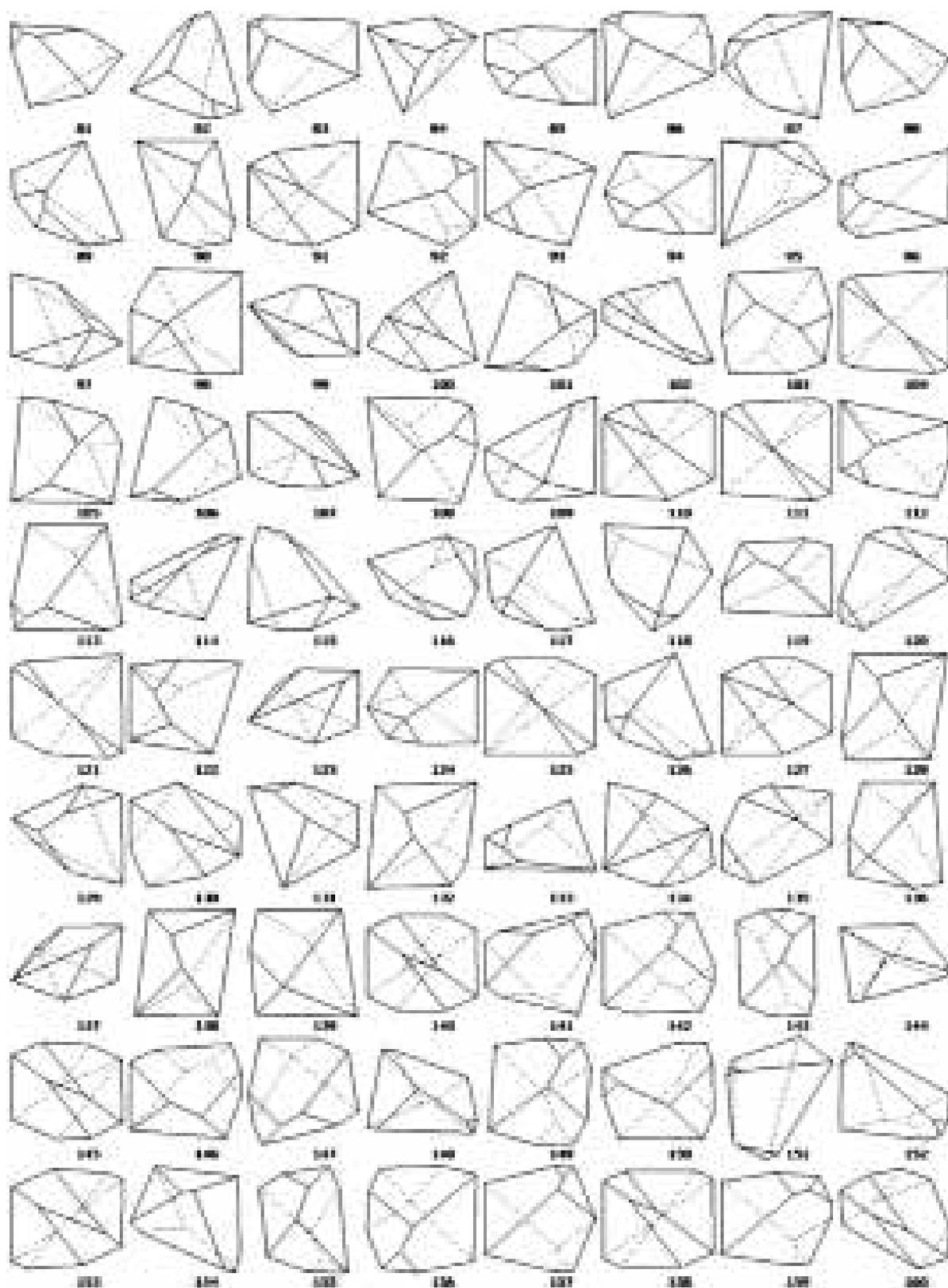


Рис. 1 (продолжение).

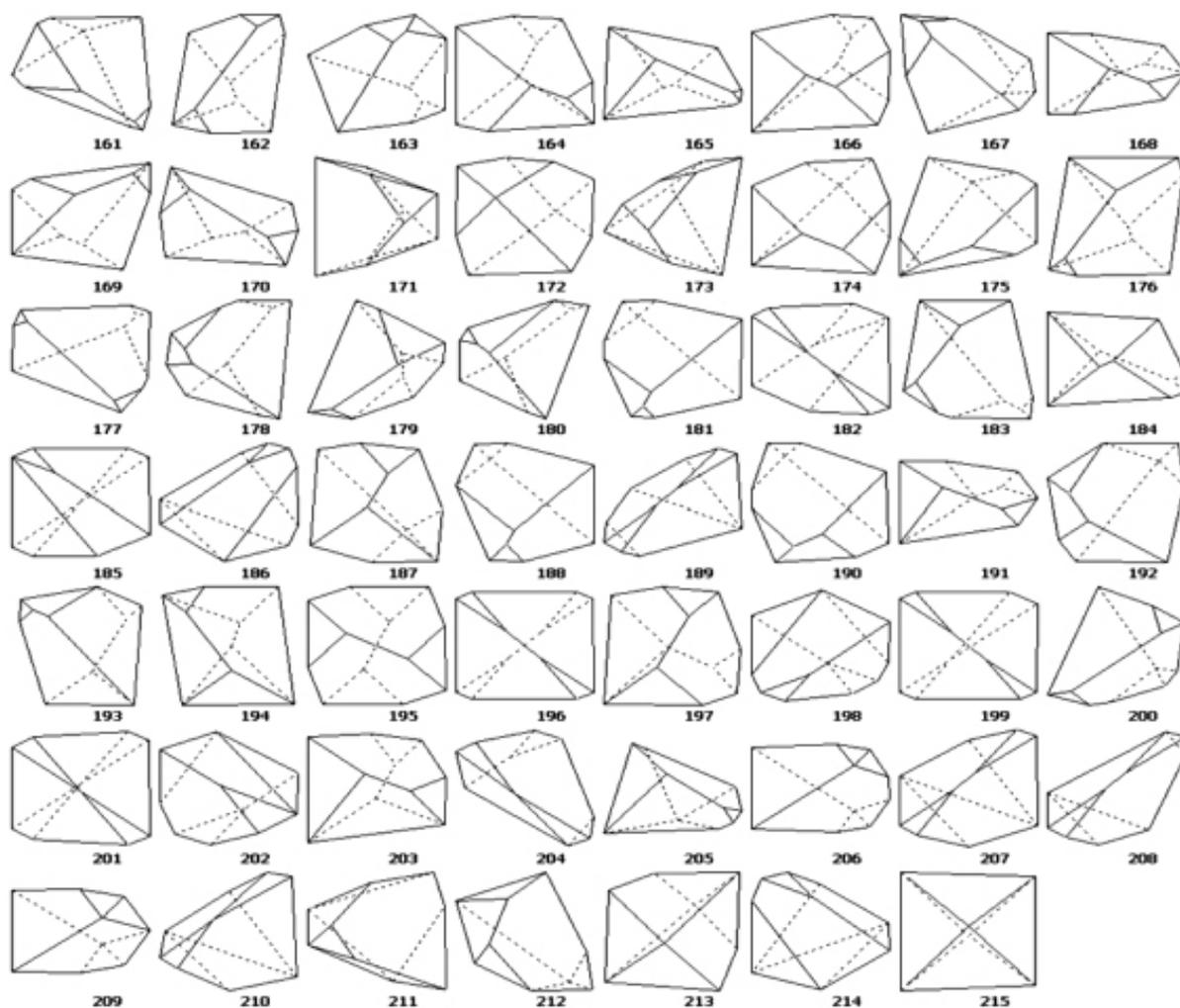


Рис. 1 (окончание).

## Список литературы

1. Войтеховский Ю.Л., Степенщиков Д.Г. Реальные кристаллографические простые формы // Зап. ВМО. 2004. № 2. С. 112-120.
2. Войтеховский Ю.Л., Степенщиков Д.Г. Комбинаторная кристалломорфология. I. Реальные кристаллографические простые формы. Апатиты: изд-во К & М, 2004. 275 с.
3. Войтеховский Ю.Л., Степенщиков Д.Г. Комбинаторная кристалломорфология. III. Комбинации куба и октаэдра. Апатиты: изд-во К & М, 2007. 834 с.
4. Voytekhovsky Yu.L. On the real crystal octahedra // Acta Cryst. 2002. A 58. P 622-623.

### Самородные Cu и Ag в эффузивах Имандра-Варзуги

Чернявский А.В., Волошин А.В., Борисова В.В., Борисов А.Е., Пахомовский Я.А.  
Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, chernyavsky@geoksc.apatity.ru

### Native Cu and Ag in the Imandra-Varzuga effusives

Chernyavsky A.V., Voloshin A.V., Borisova V.V., Borisov A.E., Pakhomovsky Ya.A.

*В эффузивах Имандра-Варзуги Cu-содержащие минералы представлены (в порядке образования) халькозином, борнитом, ковеллином, купритом и самородной Cu. С ними постоянно отмечаются самородное Ag, вторичные малахит и азурит. Самородные Ag и Cu чисты от элементов-примесей.*

*In the Imandra-Varzuga effusives Cu-bearing minerals are represented (in order of formation) by chalcocite, bornite, kovelline, cuprite and native Cu. Commonly joint with these are native Ag, secondary malachite and azurite. Native Ag and Cu have no impurities elements.*

Первые указания на вкрапленность самородной Cu в вулканитах Имандра-Варзуги относятся к 1930-м гг. (Соколов, 1936). В ходе геологической съёмки м-ба 1:100 000 Прихлебинской части структуры М.Е. Зильбер в 1957 г. установил, что она приурочена к толще вулканических пород, получившей название умбинской свиты. Обнаружено рудопроявление «33-й километр», на котором выделена зона эффузивов с содержанием Cu от 0.1 до 0.46 %. Длина зоны – 50 м, мощность – 25 м. По данным [3], Cu и Cu-содержащие минералы распределены неравномерно в виде вкрапленников от долей мм до 1-15 см с приуроченностью к миндалинам и трещинам. Рудные минералы представлены самородной Cu, халькозином, ковеллином, борнитом, купритом, малахитом и азуритом. С ними повсеместно наблюдаются вкрапленники и тонкая сыпь магнетита до 10-12 %.

Поисково-съёмочные работы 1960-1970 гг. в западной и центральной частях Имандра-Варзуги показали (Соколова, Потрубович, Иванова, Чалых и др.), что вулканиды умбинской свиты прослеживаются от южных отрогов Хибин в ЮВ направлении на 180 км при мощности от 1 до 2.5 км в р-не р. Пана. Ширина выходов пород от 2 до 20 км. Обнажённость полосы вулканидов очень плохая.

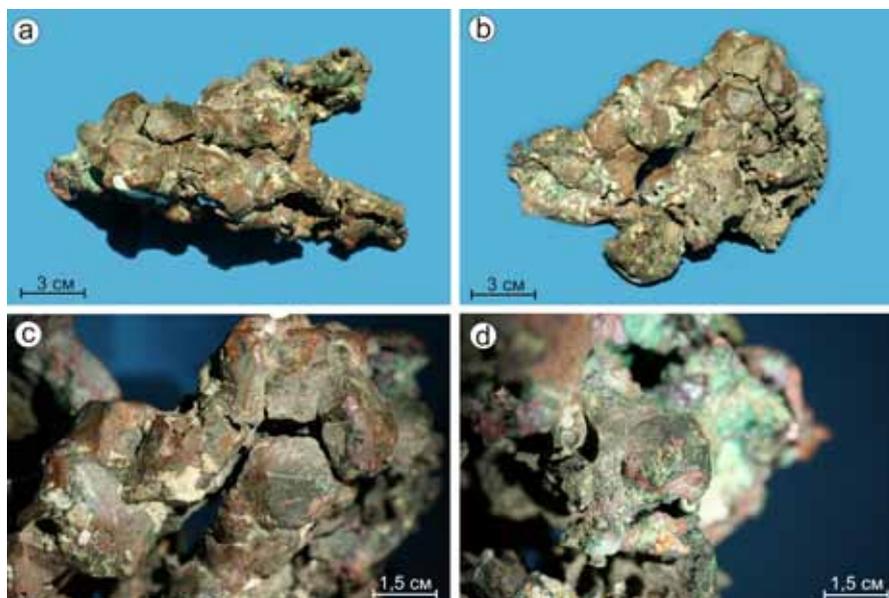


Рис. 1. Куприт с самородной Cu и малахитом из эффузивов Имандра-Варзуги. а, б – вид с двух сторон. с, d – октаэдры куприта замещены Cu, зелёное – плёнки малахита.

мическим признаком од является повышенная щёлочность. Самородная Cu встречается в породах независимо от состава на всём протяжении вулканидов. Так, «Полисарские горы» находятся в 60 км к ЮВ от ранее открытого проявления «33-й км» и связано с лавами пикритовых базальтов и базальтов. «Среднеюзинское» находится ещё в 40 км к ЮВ и связано с потоками трахиандезитовых туфлов.

Первые специализированные исследования меденосности вулканидов умбинской свиты проведены сотрудниками Геологического института КФ АН СССР Бекасовой Н.Б., Пушкиным Г.Ю. и Борисовым А.Е. Открыты рудопроявления «Полисарские горы» [1, 2] и «Среднеюзинское». Установлено, что вулканиды умбинской свиты представляют собой дифференцированный ряд пород, включающий пикритовые базальты, базальты и трахибазальты, трахиандезиты и дациты. Их характерным петрохимическим признаком од является повышенная щёлочность.

Сu минерализация локализована главным образом в верхних частях лавовых покровов, в миндалекаменных зонах и на границах между покровами, т.е. она связана с элементами первичного залегания лавовой толщи. Важным фактором оруденения являются прослойки туфогенно-осадочных пород между покровами лав, выполняющих роль геохимических барьеров, на которых происходит концентрация металла. Почти всегда рудная минерализация сопровождается эпидотизацией, хлоритизацией и карбонатизацией пород. В образцах с самородной Сu из «Полисарских гор» и рудопроявления «Среднеюзинское» присутствуют куприт, малахит, азурит и эпидот (подтверждены рентгенофазовым анализом). Самородная Сu часто представлена дендритами (рис. 1а, б), в которых видны октаэдры замещённого куприта (рис. 1с, d). Подобные псевдоморфозы Сu по куприту известны на Рубцовском месторождении, Алтайский край (рис. 2, 3) [4].



Рис. 2. Самородная Сu с купритом из Рубцовского месторождения, размер образца 6 см [4].

Изучение медной минерализации в аншлифах проводилось на оптическом микроскопе Аxioplan и на сканирующем электронном микроскопе LEO-1450, состав фаз оценивался с помощью энергодисперсионной приставки Röntec. Кроме Сu и куприта постоянно присутствуют Ag, магнетит, титанит и оксигидриды Fe (гётит?). Составы Сu и Ag изучались на волнодисперсионном электронно-зондовом микроанализаторе MS-46 Cameca. Установлена высокая внутрифазовая однородность, в них отсутствуют какие-либо примеси в количествах выше чувствительности метода. Это особенно относится к Au, Ag и Fe, обычно присутствующих в этих минералах.

Сu в изученных образцах представлена крупными и мелкими зёрнами. Крупные зёрна различной формы с чёткими границами. Включений других минералов не наблюдается. Сu всегда находится в куприте (рис. 4а, б, 5d). Мелкие зёрна находятся в куприте в виде тонких включений вместе с Ag (рис. 6).

Ag представлено крупными и мелкими зёрнами. Крупные – вытянутые, округлые и треугольные, отмечены на границах куприта (рис. 4) и в его прожилках по трещинам в силикатах. Мелкие зёрна рассеяны в куприте (рис. 6б).

Куприт в крупных зёрнах неправильной формы, в скрещенных николях – чёрного и красного цвета (рис. 5а-с). Образует сеть прожилков в силикатах. По куприту развивается малахит (Mlc, рис. 5с), часто в смеси с гётитом (Gth, рис. 6а).

Отсутствие элементов-примесей в самородной Сu, однородность минералов (отсутствие в них включений), чёткие границы зёрен и наличие тонкой сыпи Сu и Ag в куприте позволяют говорить о том, что Сu образовалась по куприту, а не наоборот, как считалось ранее.

Вероятно, образование Ag связано с освобождением примесей из ранних сульфидов, по которым образовался куприт. Его формирования как продукта выветривания сульфидов возможно



Рис. 3. Псевдоморфоза Сu по октаэдрическим кристаллам куприта (вид с двух сторон) из Рубцовского месторождения, размер образца 2.5 см [4]. Кристаллы покрыты синей плёнкой азурита.

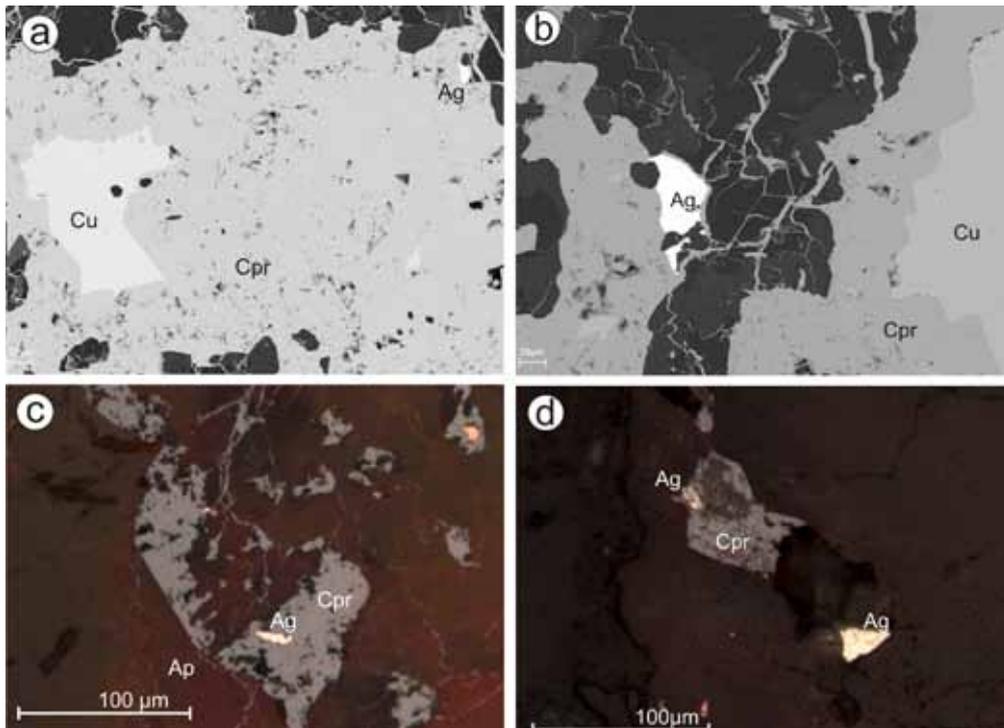


Рис. 4. Морфология выделений меди, серебра и куприта. а – медь (Cu) с серебром (Ag) в куприте (Cpr); б – выделение серебра (Ag) на границе куприта (Cpr) и меди (Cu); с – выделения куприта (Cpr) в альбите и апатите (Ap) с включением серебра (Ag); д – выделения серебра (Ag) в куприте (Cpr) и силикатной части (альбит). а, б – снимки в обратно рассеянных электронах; с, д – снимки в отражённом поляризованном свете.

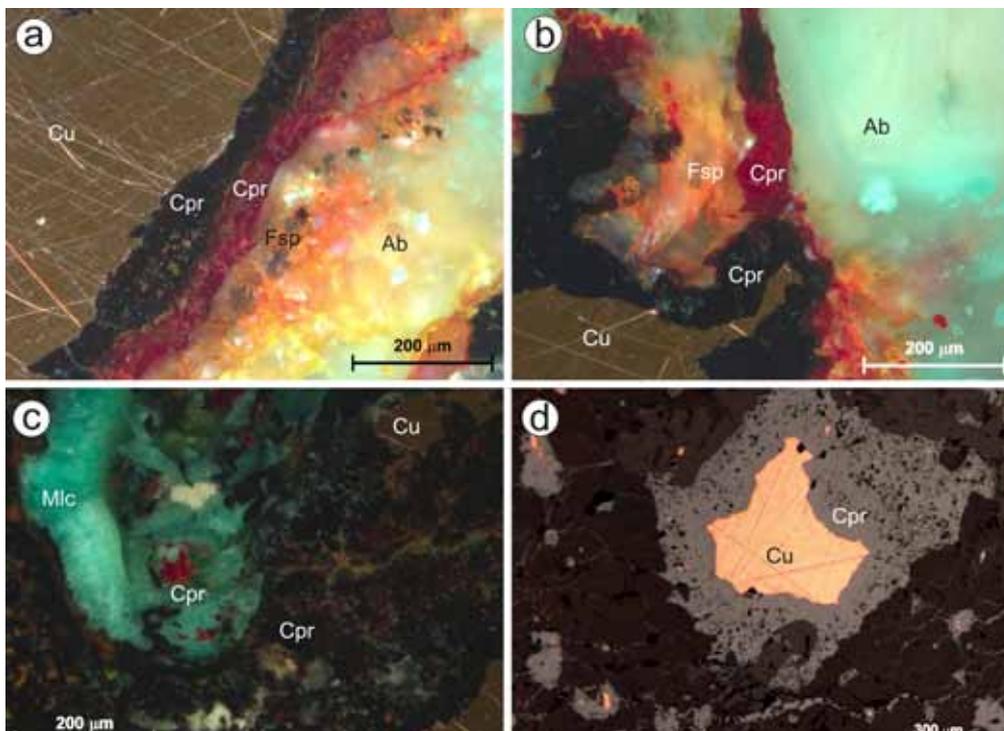


Рис. 5. Взаимоотношения меди, куприта и малахита. а, б – реликтовая зона куприта (Cpr) вокруг крупного кристалла меди (Cu). При косом освещении куприт в эндоконтакте с медью имеет чёрную окраску, в экзоконтакте – красную, вокруг развивается альбит (Ab) и калиевый полево шпат (Fsp); с – замещение малахитом (Mlc) реликтов куприта (Cpr), медь – (Cu); д – взаимоотношения крупных выделений меди (Cu) и куприта (Cpr). а, б, с – фото в отражённом поляризованном свете при косом освещении, д – в отражённом поляризованном свете.

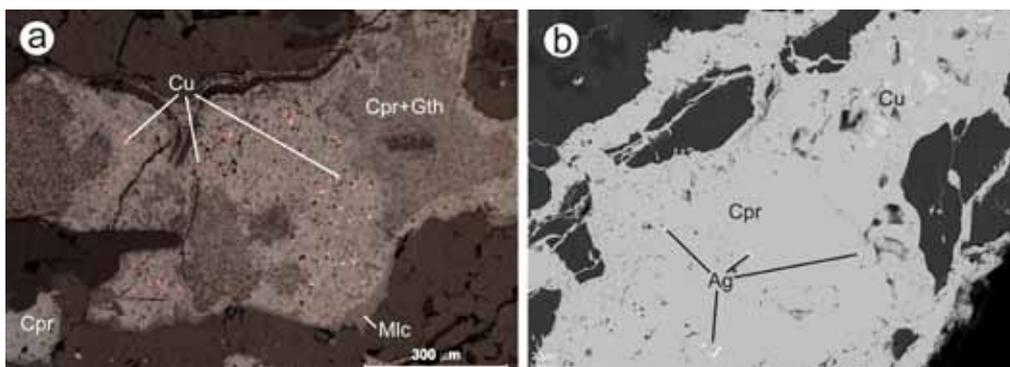


Рис. 6. Тонкие выделения Cu и Ag в куприте: а – медь (Cu) и гётит (Gth) в куприте (Cpr), по куприту развивается малахит (Mlc); б – серебро (Ag) и медь (Cu) в куприте (Cpr). а – фото в отражённом поляризованном свете, б – в обратно рассеянных электронах.

по реакциям:  $\text{Cu}_2\text{S}$  (халькозин) +  $2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4$ . Далее может образоваться медь:  $\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{Cu}_2\text{O} = 6\text{Cu} + \text{SO}_2$ . В зоне окисления медных месторождений куприт обычно замещается малахитом, азуритом и самородной медью до образования полных псевдоморфоз.

#### Список литературы

1. Борисов А.Е. Вулканизм и самородное медное оруденение в раннем протерозое Кольского п-ова // Апатиты: изд-во КФ АН СССР, 1990. 65 с.
2. Бекасова Н.Б., Пушкин Г.Ю. К проблеме меденосности Имандра-Варзугской зоны // Геология и геохимия метаосадочных комплексов Кольского п-ова. Апатиты: изд-во КФАН СССР, 1975. С. 141-149.
3. Зильбер М.Е. К вопросу о стратиграфии и меденосности эффузивов умбинской свиты Имандра-Варзугской зоны на Кольском п-ове // Матер. по геологии и металлогении Кольского п-ова. Вып. 2. Апатиты: изд-во КФ АН СССР, 1972. С. 44-50.
4. Moore T.P. Denver Show 2009 // Mineral. Rec. 2010. V 41. N 1. P 93-94.

#### **Рудные минералы Панареченского эпитепимального малосульфидного Au-Ag месторождения**

Чернявский А.В., Войтеховский Ю.Л., Волошин А.В., Савченко Е.Э.  
Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, chernyavsky@geoksc.apatity.ru

#### **Ore minerals of the Panarehka epithermal fine-sulphide Au-Ag deposit**

Chernyavsky A.V., Voytekhovskiy Yu.L., Voloshin A.V., Savchenko E.E.

*На территории Панареченской вулкано-тектонической структуры по минералогическим данным выделены СЗ и ЮВ блоки. Первый относится к новому для Кольского п-ова Au-Te типу месторождений, второй – к золото-кварцевому типу. В СЗ блоке отмечено большое разнообразие рудных минералов из Au-Ag-Te и Bi-Te-(S+Se) систем, а также сульфидов и сульфосолей.*

*On the territory of the Panarehka volcanic-tectonic structure the NW and SE blocks are defined according to the mineralogical data. The former relates to the Au-Te deposit type novel for the Kola Peninsula, the latter is of the gold-quartz type. The NW block reveals a great variety of ore minerals of the Au-Ag-Te and Bi-Te-(S+Se) systems, sulphides and sulphosalts.*

На территории Кольского п-ова и Сев. Карелии есть рудопроявления Au, приуроченные к протерозойским вулканогенным комплексам: 1) в Печенга-Имандра-Варзугском поясе – Южно-Печенгская структурная зона (ЮПСЗ) с 9 рудопроявлениями, и Панареченская вулканотектоническая структура (ПРВТС), в которой выделяются Северо-Западный и Юго-Восточный блоки (СЗБ и ЮВБ); 2) в Пана-Куоляярвинской структуре – месторождение Майское и рудопроя-

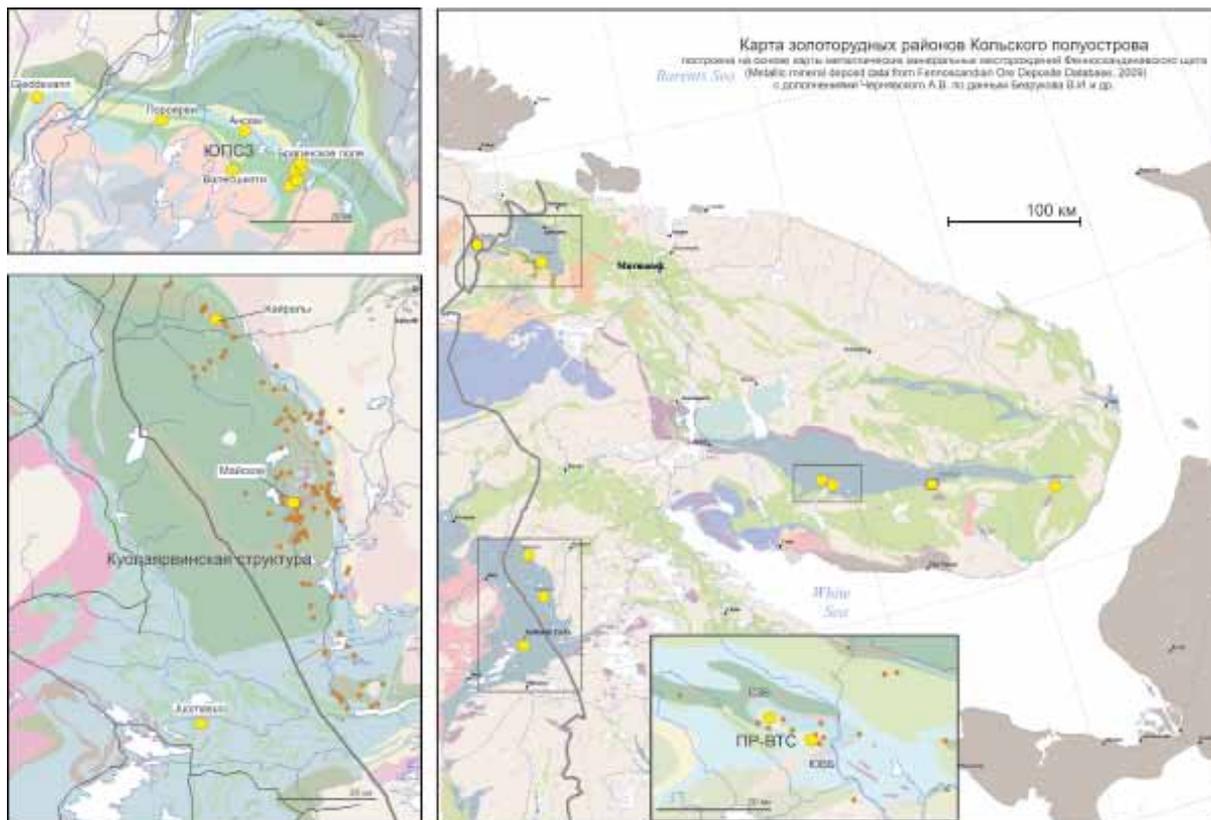


Рис. 1. Схема перспективных золоторудных районов на Кольском п-ове. По (Metallic mineral deposit data from Fennoscandian Ore Deposit Database, 2009) с дополнениями Чернявского А.В., Безрукова В.И. и др.

явление Кайралы. Точками на карте показаны обнажения, в которых по литературным данным отмечено Au (рис. 1). Рудопроявления пространственно связаны с вулканитами и относятся к эпitherмальному типу.

В табл. 1 отражена минералогическая изученность ПРВТС, ЮПСЗ, Кайралы и Майское. В них установлены 13 минералов с видообразующей ролью Au-Ag, наибольшее число – в ПРВТС. Структура расположена в центральном блоке Имандра-Варзугской зоны Печенгско-Варзугского зеленокаменного пояса и представляет собой брахиформную, эллипсовидную структуру, вытянутую в СЗ направлении на 18 км при ширине до 6 км. В средней части структуры проходит Панско-Варзугский глубинный разлом, разделивший её на два различных по минерализации блока: СЗБ и ЮВБ, смещённые в плане друг относительно друга на 4 км (рис. 2) [7]. На территории ПР ВТС выделяются четыре типа рудоносных пород: углеродистые и сульфидно-углеродистые сланцы, серицит-карбонат-альбит-кварцевые метасоматиты, хлорит-карбонатные метасоматиты и массивные пиритовые руды. Рудная минерализация приурочена к зонам, претерпевшим интенсивный метасоматоз (окварцевание, серицитизацию).

При изучении рудной минерализации ОАО ЦКЭ в потенциально рудоносных породах выявлено 16 рудных минералов. Кроме сульфидов, отмечены Au, теллуриды, оксиды Fe и Ti. При ревизионном изучении аншлифов ОАО ЦКЭ и нового kernового материала авторами проанализирована ранее установленная минерализация и выявлены новые рудные минералы. Общее число рудных минералов в ПРВТС значительно расширилось, стало возможным разделить их на три группы: минералы с видообразующей ролью Ag и Au (12 минералов), минералы системы Bi-Te-S (18 минералов) и 27 минералов, представляющих сульфиды и сульфосоли.

Среди минералов с видообразующей ролью Ag и Au (табл. 2) большую часть составляют теллуриды: простые – эмпресит, гессит, штюццит, волинскит и петцит; сложные (сульфотеллуриды) – нагиагит и бенлеонардит (первые находки в России). Отмечена разновидность теннантита – аргентотеннантит. Установлены самородные Au и Ag. Собственно минералы Au представлены петцитом и нагиагитом. Среди Au-Ag минералов преобладают минералы Ag и его соединения с Te – фазы MPh-1, MPh-2 и MPh-3. Две последние, возможно, являются серебряными аналогами

Таблица 1. Минералы Au и Ag различных проявлений Карело-Кольского региона.

Минерал	Формула	Рудопроявления			
		ПРВТС [3]	ЮПСЗ [1]	Кайралы [2]	Майское [4, 6]
Золото	Au	7	12	19	7
Серебро	Ag	2			
Эмпресит	AgTe	1			
Аргентопентландит	Ag(Ni,Fe) <sub>8</sub> S <sub>8</sub>	1			
Гессит	Ag <sub>2</sub> Te	1	2		
Штютцит	Ag <sub>5-x</sub> Te <sub>3</sub>	1			
Вольнскит	AgBiTe <sub>2</sub>	5			
Аргентотеннантит	(Ag,Cu) <sub>10</sub> (Zn,Fe) <sub>2</sub> As <sub>4</sub> S <sub>13</sub>	1			
Фрейеслебенит	AgPbSbS <sub>3</sub>	5			
Бенлеонардит	Ag <sub>8</sub> (Sb,As)Te <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	1			
Калаверит	AuTe <sub>2</sub>			2	
Петцит	Ag <sub>3</sub> AuTe <sub>2</sub>	2	3		
Нагиагит	Pb <sub>5</sub> Au(Te,Sb) <sub>4</sub> S <sub>5-8</sub>	1			

Примечание: цифрами показано число опубликованных анализов.

Таблица 2. Химический состав минералов с видообразующей ролью Ag и Au (масс. %).

	Au		Ag		Петцит		Фрейеслебенит	
	Диапазон (7 анализов)	Среднее					Диапазон (5 анализов)	Среднее
Ag	11.22 – 29.59	21.78	47.99	52.09	50.52	46.09	14.41-24.63	21.35
Au	67.46-87.31	76.52	47.73	44.99	19.23	24.14		
Pb							33.02-46.42	38.62
Fe	0.00-3.82	1.70		2.92			0.84-3.81	2.34
S							12.30-15.85	14.88
Sb							19.37-23.92	22.30
Se							0.00-0.87	0.51
Te					30.25	29.76		
Hg			4.28					



Рис. 2. Геологическая схема ПРВТС, по данным ОАО ЦКЭ, 2000 г.

1 – метариолиты; 2 – метадациты; 3 – метадациандезиты; 4 – метаандезиты; 5 – метатуфы основные; 6 – метаандезибазальты; 7 – метапесчаники; 8 – метапелиты; интрузивные образования: 9 – метаперидотиты; 10 – метапикриты; 11 – диабазы, габбро-диабазы; 12 – субщелочные монцитониты, гранодиориты, субщелочные габброиды, сиениты; 13 – лейкограниты; 14 – сульфид-углеродистые сланцы: а – углеродистого материала > 50 %; б – углеродистого материала < 50 %; 15 – сульфид-углеродистые образования; 16 – метасоматиты.

калаверита. Минералы с видообразующей ролью Ag, Au и анионной ролью Te отмечаются в СЗБ; в ЮВБ установлены только Au и Ag.

Новые минералы Bi-Te позволили рассмотреть систему Bi-Te-S (табл. 3). Минералы с анионной ролью Te (теллуриды и сульфотеллуриды) представлены самородным Te, простыми и сложными соединениями: простые – соединения с различной вариацией Bi (цумоит, теллуровисмутит, пильзенит); установлено соединение с Hg – колорадоит (первая находка на Кольском п-ове); сложные – радхакришнаит, сформировавшийся после галенит-сфалеритовой ассоциации, включающей в себя теллуриды. Радхакришнаит показывает необычную активность обогащённых Cl эманаций на поздних стадиях формирования рудной минерализации [8]. Минералы системы Bi-Te-S широко представлены в видовом и количественном отношении и отмечаются исключительно в СЗБ. Возможно, это результат его лучшей изученности по сравнению с ЮВБ.

Таблица 3. Рудные минералы системы Bi-Te-S.

Минерал	Формула	Минерал	Формула
Висмут	Bi	Жозеит-А	$Bi_4TeS_2$
Теллур	Te	Баксанит	$Bi_6Te_2S_3$
Алтаит	$PbTe$	Раклиджит	$PbBi_2Te_4$
Висмутин	$Bi_2S_3$	Алексит	$PbBi_2Te_2S_2$
Тетрадимит	$Bi_2Te_2S$	Кочкарит	$PbBi_4Te_7$
Цумоит	$BiTe$	Фаза С	$PbBi_4Te_4S_3$
Ингодит	$Bi_2TeS$	Радхакришнаит	$PbTe_3(Cl,S)_2$
Теллуровисмутит	$Bi_2Te_3$	Колорадоит	$HgTe$
Пильзенит	$Bi_4Te_3$	MPh-8	$HgBi_2Te_4$
Хедлейит	$Bi_7Te_3$	MPh-26	$PbBi_2Te_2S_2$

Таблица 4. Сульфиды и сульфосоли.

Минерал	Формула	Минерал	Формула
Пирит	$FeS_2$	Кубанит	$CuFe_2S_3$
Марказит	$FeS_2$	Борнит	$Cu_3FeS_4$
Пирротин	$Fe_{1-x}S$	Виттихенит	$Cu_3BiS_3$
Пентландит	$(Fe,Ni)_9S_8$	Фаматинит	$Cu_3SbS_4$
Макиनावит	$(Fe,Ni)_9S_8$	Тетраэдрит	$(Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13}$
Виоларит	$FeNi_2S_4$	Буланжерит	$Pb_5Sb_4S_{11}$
Галенит	$PbS$	Арсенопирит	$FeAsS$
Сфалерит	$ZnS$	Кобальтин	$CoAsS$
Гринокит	$CdS$	Герсдорфит	$NiAsS$
Джирит	$Cu_8S_5$	Костибит	$CoSbS$
Дигенит	$Cu_9S_5$	Стибнит	$Sb_2S_3$
Молибденит	$MoS_2$	Никель	Ni
Халькозин	$Cu_2S$	MPh-9	$PbCuFeSbS$
Ковеллин	$CuS$	MPh-10	$PbCuFeSbS$
Халькопирит	$CuFeS_2$		

В табл. 4 приведены главные рудные минералы (сульфиды и сульфосоли). В этой группе минералов выделяются ветви: пиритовая (пирит – герсдорфит – кобальтин) и марказитовая (марказит – арсенопирит – костибит). Простые сульфиды и оксиды Fe и Ti присутствуют во всех рудных зонах ПРВТС. Появление редких минералов Cu (джирит и дигенит) позволяет выделить группу минералов в системе Cu-S. В ней выделяются два ряда: халькозин-дигенитовый и джирит-ковеллиновый (табл. 5). Различная температурная и химическая устойчивость сульфидов Cu позволяет использовать их в качестве индикаторов термической и физико-химической истории

формирования месторождений [3].

Минералы системы Au-Ag-Te распространены не широко, но являются концентраторами благородных металлов. Кроме самородных элементов, здесь известны 9 минералов: калаверит, креннерит, сильванит, монтбрайт, мутманит, петцит, эмпрессит, гессит и штютцит (рис. 3) [5]. В ПРВТС установлены 6 минералов (Au, Ag, гессит, петцит, штютцит и эмпрессит) и 3 минеральные фазы (MPh-1, MPh-2, MPh-3) этой системы. Au низкопробное (рис. 3), что характерно для Au-Ag-Te эпитермальных систем. Наиболее распространены гессит и близкая к нему фаза MPh-1, в составе которой отмечено повышенное содержание Ag. Из-за мелких выделений последней нельзя диагностировать её структуру, по-видимому, она окажется гесситом.

Таблица 5. Химический состав минералов Cu (масс. %).

	Халькопирит		Халькозин	Дигенит		Джирит		Ковеллин		
	Диапазон (12 анализов)	Среднее								
Cu	34.32-34.9	34.57	78.01	76.66	74.45	76.26	75.16	69.63	67.18	72.07
Ag	0.00-0.11	0.01								
Fe	29.86-30.57	30.33	3.07	2.37	3.46		0.79	2.75	3.56	
S	34.36-35.24	34.90	18.92	20.96	22.08	23.74	24.06	27.62	29.26	27.93

	Кубанит	Виттихенит	Фаматинит	Тетраэдрит	
				Диапазон (8 анализов)	Среднее
Cu	25.93	27.84	40.79	24.00-37.3	32.44
Ag		3.42		1.84-11.46	5.28
Fe	34.66	4.37		4.33-18.13	7.72
Zn				0.00-4.62	2.49
S	39.78	9.45	29.7	23.7-33.76	26.63
As			3.31	0.00-1.74	0.86
Sb			26.2	18.76-26.90	24.49
Bi		36.33			
Se		7.54			
Te		11.05			

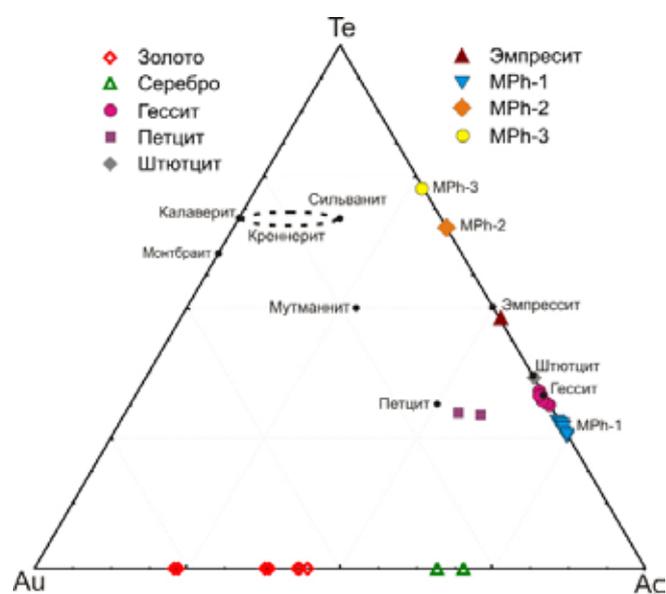


Рис. 3. Минералы системы Au-Ag-Te. Чёрные точки – идеальные составы 9 известных минералов системы [5]. Цветные знаки – минералы, установленные в ПРВТС.

В последовательности отложения минералов системы Au-Ag-Te намечены два тренда. В одном случае самородный Te, иногда с гесситом (штютцитом) или эмпресситом, сменяется калаверитом и самородным Au, затем петцитом с самородным Au и, наконец, гесситом с самородным Au. В этом направлении растёт содержание Ag в самородном Au и теллуридах. Основная масса самородного Ag отлагается до образования его теллуридов. Подобная последовательность характерна для месторождений Кочбула и Кайрагач. Во втором случае парагенезис самородного Te сменяется ассоциацией калаверита с петцитом или гесситом, затем – ассоциацией петцита и гессита с самородным Au. Самородное Au здесь отлагается после теллуридов. Такая последовательность установлена на месторождениях Ц. Березняковское и Эмпериор, Фиджи [5].

Барит и карбонаты в поздних гессит-содержащих ассоциациях указывают на первый тренд с ростом рН. Эволюция минеральных парагенезисов в системе Au-Ag-Te выражается в переходе от самородного Te через дителлуриды Au к теллуридам Au и Ag, контролируется снижением T, фугитивности Te и ростом щёлочности раствора.

В заключение отметим:

- СЗ блок ПРВТС относится к типу эпitherмальных малосульфидных Au-Te месторождений;
- в Au-Te месторождении СЗ блока в системе Au-Ag-Te установлены широкие вариации минеральных парагенезисов и составов минералов;
- минералы системы Au-Ag-Te – важные индикаторы физико-химических условий формирования, их потенциал на сегодня далеко не исчерпан.

#### Список литературы

1. Ахмедов А.М., Вороняева Л.В., Павлов В.А. и др. Золотоносность Ю.-Печенгской структурной зоны, Кольский п-ов: типы проявлений и перспективы выявления промышленных содержания золота // Региональная геология и металлогения. 2004. № 20. С. 143-165.
2. Войтеховский Ю.Л., Чернявский А.В., Басалаев А.А. и др. Золото участка Кайлары // Петрология и минералогия Кольского региона. Тр. VI Всерос. Ферсмановской науч. сессии. Апатиты, 18-19 апр. 2009. Апатиты: изд-во К & М, 2009. С. 105-108.
3. Габлина И.Ф. Сульфиды меди и меди-железа как индикаторы условий образования и преобразования руд // Докл. МО РМО. Режим доступа: [www.minsoc.ru/FilesBase/2008-2-10-0.pdf](http://www.minsoc.ru/FilesBase/2008-2-10-0.pdf).
4. Гавриленко Б.В., Реженева С.А. Рудные минералы золотосодержащих кварцевожильных зон // Минеральные парагенезисы метаморфических и метасоматических пород. Апатиты: изд-во КФ АН СССР, 1987. С. 58-67.
5. Плотинская О.Ю., Коваленкер В.А. Минералы системы Ag-Au-X (где X=S, Se, Te) в эпitherмальных обстановках как индикаторы условий минералообразования // Докл. МО РМО. Режим доступа: [www.minsoc.ru/E2-2008-1-0](http://www.minsoc.ru/E2-2008-1-0).
6. Сафонов Ю.Г., Волков А.В., Вольфсон А.А. и др. Золото-кварцевое месторождение Майское, Сев. Карелия: геологические и минералого-геохимические особенности, вопросы генезиса // Геология рудных месторождений. 2003. Т. 45. № 5. С. 429-451.
7. Чернявский А.В., Войтеховский Ю.Л., Волошин А.В. и др. Благороднометаллическая и сульфидная минерализация в породах панареченской вулканотектонической структуры // Тр. VI Всерос. Ферсмановской науч. сессии. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2009. С. 151-156.
8. Genkin A.D., Safonov Y.G., Vasudev V.N. *et al.* Kolarite PbTeCl, and radhakrishnaite PbTe<sub>3</sub>(Cl,S)<sub>2</sub>, new mineral species from the Kolar gold deposit, India // Canad. Miner. 1985. V 23. P 501-506.

### Аргентопентландит Ковдорского массива

Шпаченко А.К., Нерадовский Ю.Н., Савченко Е.Э.

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

### Argentopentlandite of Kovdor massif

Shpachenko A.K., Neradovsky Yu.N., Savchenko E.E.

*В статье охарактеризованы морфология, химический состав и локализация аргентопентландита и сопутствующих минералов в ийолитах и фоскоритах Ковдорского массива.*

*The morphology, chemical composition and localization of the argentopentlandite and associated minerals in ijolites and phoscorites of the Kovdor massif are characterized in the paper.*

Ковдорский щелочно-ультраосновной с карбонатами массив – многофазное и полистадийное образование, в котором выделяются несколько серий ультраосновных и щелочных пород, карбонатитов и фоскоритов. Его геологическое строение представлено в многочисленных публикациях. Массив имеет овальную форму. Ядро сложено оливинитами, окружёнными прерывистым кольцом мелилитовых и монтичеллитовых пород. Краевая зона сложена породами уртит-мельтейгитовой серии, которая окаймлена ореолом фенитов и фенитизированных гнейсов. В ЮЗ части массива на контакте ультраосновных и щелочных пород расположен шток карбонатитов и фоскоритов – апатит-форстеритовых, магнетитовых и редкометалльных руд [3, 5, 7].

Аргентопентландит с другими минералами благородных металлов ранее установлен в сульфидном продукте Ковдорского ГОКа [1, 4, 6]. Б.В. Гавриленко и С.А. Реженева (2002) в сульфидном продукте Ковдорского ГОКа нашли самородное Ag и акантит в виде индивидуальных зерен неправильной формы размером до 0.5 мм. По данным Г.Ю. Иванюка и др. (2002), самородное Ag выявлено в зёрнах размером 10 мкм в пирротине в ассоциации с халькопиритом и Со-пентландитом в фоскоритах «аномальной» зоны железорудного карьера.

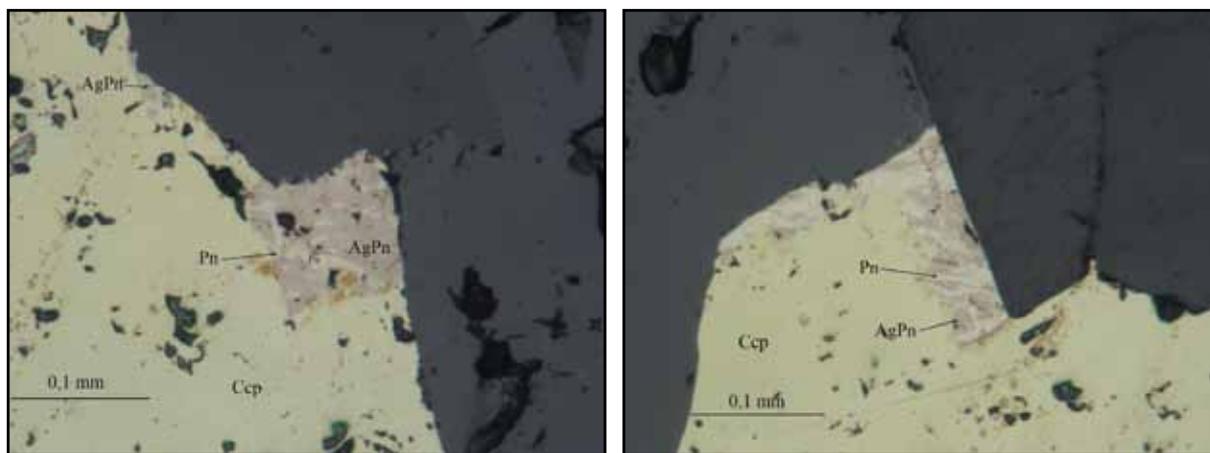


Рис. 1. Типичные сростки аргентопентландита с пентландитом в халькопирите. Фото в отражённом свете.

При ревизии аншлифов из коллекции Е.Г. Балаганской [2], в пробах ийолита (Ки-15Д, скв. 839/157.5) и фоскорита (Кг-13) обнаружен аргентопентландит. Проверка на растровом микроскопе S-430 «Hitachi» с энергодисперсионным спектрометром LINK 860 и микрозондовый анализ подтвердили визуальную диагностику. Сульфидная минерализация в ийолите (Ки-15Д) составляет 3 об. %, в т.ч. пирротин – 90 (%), халькопирит – 8-10, пирит – 1-2, сфалерит, пентландит и аргентопентландит << 1. В кальцит-тремолит-магнетитовом с ильменитом и тетраферрифлогопитом фоскорите (Кг-13) сульфиды составляют 5 об. %, в т.ч. пирротин – 85 (%), халькопирит 15, аргентопентландит и сфалерит < 1, кобальтпентландит << 1. Аргентопентландит образует включения в халькопирите. Наиболее типичны сростки с пентландитом или Со-пентландитом по периферии зёрен халькопирита (рис. 1, 2). Размеры выделений – от 10-20 до 50-80 мкм. В ийолите аргентопентландит установлен в краевых частях зёрен халькопирита (рис. 3). Количественный анализ выполнить не удалось из-за малых размеров выделений. Качественно состав минерала проверен на растровом электронном микроскопе.

Таблица. Химический состав сульфидов в породах Ковдорского массива (масс. %).

№	№ образца	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	Ag	Cd	S	Сумма	Кристаллохимическая формула		
												Me	мас. %	
					Пирротин									
1	Кг-13-1	59.38	0.12	0.28	0.13	-	0.08	0.00	0.00	39.43	99.42	Fe <sub>6,98</sub> S <sub>8,00</sub>	46.60	
2	Кг-13-2	61.37	0.09	0.34	0.07	-	0.00	0.00	0.00	39.26	101.13	Fe <sub>9,04</sub> S <sub>10,00</sub>	47.49	
3	Кг-13-3	60.11	0.21	0.16	0.00	-	0.00	0.00	0.00	38.55	99.03	Fe <sub>9,00</sub> S <sub>10,00</sub>	47.38	
4	Ки-15-1	60.67	0.19	0.46	0.03	-	0.00	0.00	0.00	38.83	100.18	Fe <sub>9,97</sub> S <sub>11,00</sub>	47.55	
5	Ки-15-2	59.96	0.13	0.42	0.05	-	0.00	0.00	0.00	39.39	99.95	Fe <sub>7,06</sub> S <sub>8,00</sub>	46.87	
6	Ки-16	61.12	0.11	0.25	0.05	-	0.00	0.00	-	38.40	99.93	Fe <sub>11,04</sub> S <sub>12,00</sub>	47.91	
					Халькопирит									
7	Кг-13-1	31.05	0.00	0.00	33.24	-	0.12	0.00	0.00	35.03	99.44	Cu <sub>1,00</sub> Fe <sub>1,06</sub> S <sub>2,08</sub>		
8	Кг-13-3	30.14	0.00	0.00	34.68	-	0.00	0.00	0.00	34.91	99.73	Cu <sub>1,00</sub> Fe <sub>0,99</sub> S <sub>2,00</sub>		
9	Ки-15-1	30.19	0.00	0.00	34.18	-	0.00	0.25	0.00	35.15	99.77	Cu <sub>1,00</sub> Fe <sub>1,00</sub> S <sub>2,03</sub>		
10	Ки-15-2	30.33	0.00	0.03	34.16	-	0.15	0.10	0.00	35.08	99.85	Cu <sub>1,00</sub> Fe <sub>1,00</sub> S <sub>2,02</sub>		
11	Ки-16	30.92	0.00	0.00	34.39	-	0.00	0.00	-	34.92	99.83	Cu <sub>1,004</sub> Fe <sub>0,994</sub> S <sub>1,998</sub>		
					Аргентопентландит									
12	Кг-13-3-1	33.47	0.00	22.00	0.41	-	0.00	12.05	0.00	31.66	99.59	(Fe <sub>4,86</sub> Ni <sub>3,04</sub> Ag <sub>0,90</sub> Cu <sub>0,05</sub> )S <sub>8,00</sub>		
13	Кг-13-3-2	33.74	0.00	21.56	0.24	-	0.00	12.06	0.00	31.44	99.04	(Fe <sub>4,93</sub> Ni <sub>3,00</sub> Ag <sub>0,91</sub> Cu <sub>0,02</sub> )S <sub>8,00</sub>		
14	Кг-13-3-3	33.98	0.00	21.67	0.24	-	0.00	11.54	0.00	31.23	98.66	(Fe <sub>5,00</sub> Ni <sub>3,03</sub> Ag <sub>0,88</sub> Cu <sub>0,02</sub> )S <sub>8,00</sub>		
15	Кг-13-3-5	34.44	0.00	23.48	0.87	-	-	12.28	-	29.57	100.64	(Fe <sub>3,35</sub> Ni <sub>3,47</sub> Ag <sub>0,99</sub> Cu <sub>0,12</sub> )S <sub>8,00</sub>		
					Кобальтпентландит									
16	Кг-13-3	22.19	21.22	24.33	0.00	-	0.00	0.00	0.00	33.11	100.85	(Ni <sub>3,39</sub> Fe <sub>3,08</sub> Co <sub>2,89</sub> )S <sub>8,00</sub>		
17	Кг-13-3-6	21.44	19.64	25.58	-	-	-	-	-	31.30	97.96	(Ni <sub>3,57</sub> Fe <sub>3,15</sub> Co <sub>2,72</sub> )S <sub>8,00</sub>		
					Сфалерит									
18	Кг-13-3-3	10.04	0.35	0.35	0.37	55.00	0.00	0.13	0.25	33.59	100.08	(Zn <sub>0,803</sub> Fe <sub>0,177</sub> Ni <sub>0,006</sub> Co <sub>0,006</sub> Cu <sub>0,006</sub> Cd <sub>0,002</sub> Ag <sub>0,007</sub> )S <sub>1,000</sub>		
19	Кг-13-3-4	8.38	0.25	0.00	0.09	56.77	0.00	0.00	0.19	33.57	99.25	(Zn <sub>0,829</sub> Fe <sub>0,143</sub> Co <sub>0,004</sub> Cd <sub>0,002</sub> Cu <sub>0,001</sub> )S <sub>1,000</sub>		
					Пирит									
20	Ки-15-п	46.36	0.05	0.00	0.00	-	0.00	-	-	53.40	99.81	Fe <sub>1,00</sub> S <sub>2,00</sub>		
21	Ки-15-к	42.03	4.77	0.00	0.04	-	0.00	-	-	53.18	100.02	Fe <sub>1,00</sub> S <sub>1,99</sub>		
22	Ки-16	45.92	0.47	0.13	0.07	-	0.00	0.00	-	54.47	101.06	Fe <sub>1,00</sub> S <sub>2,04</sub>		

Примечания: 1. Анализы выполнены на электронном микрозонде MS-46 «Сатеса» в Геологическом институте КНЦ РАН, аналитик Е.Э. Савченко. 2. Во всех минералах определялся и не установлен Rh, прочерк – не определялся; 3. Кг-13 – кальцит-доломит-тремолит-магнетитовый с ильменитом флюксит, Вост. сателлит; Ки-15, Ки-16 – ийолит, карьер рудника Железный; 4. и – центральная, к – крайняя части кристалла.

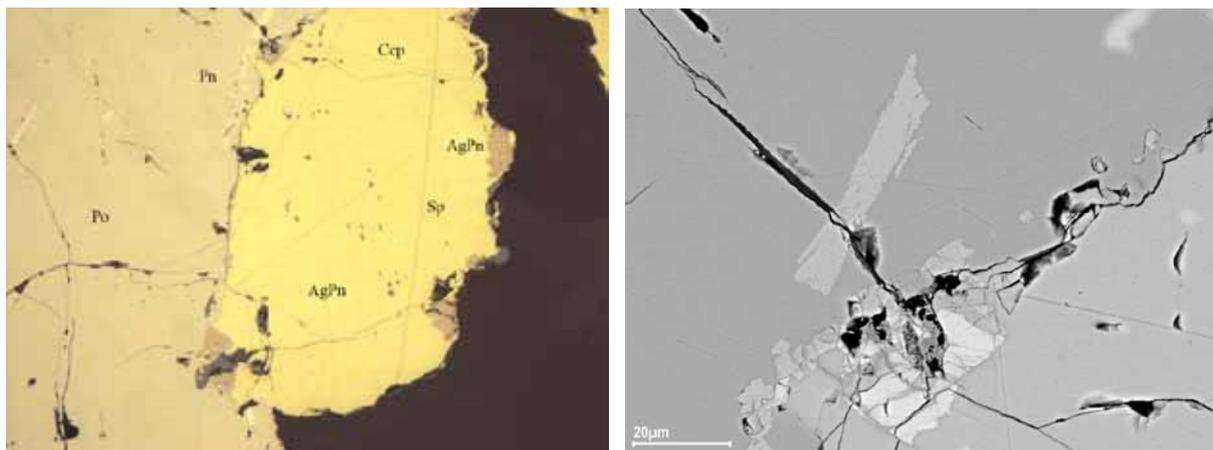


Рис. 2. Аргентопентландит из фоскоритов со сфалеритом и Со-пентландитом в халькопирите. Слева – в отражённом свете, справа – РЭМ-снимок.

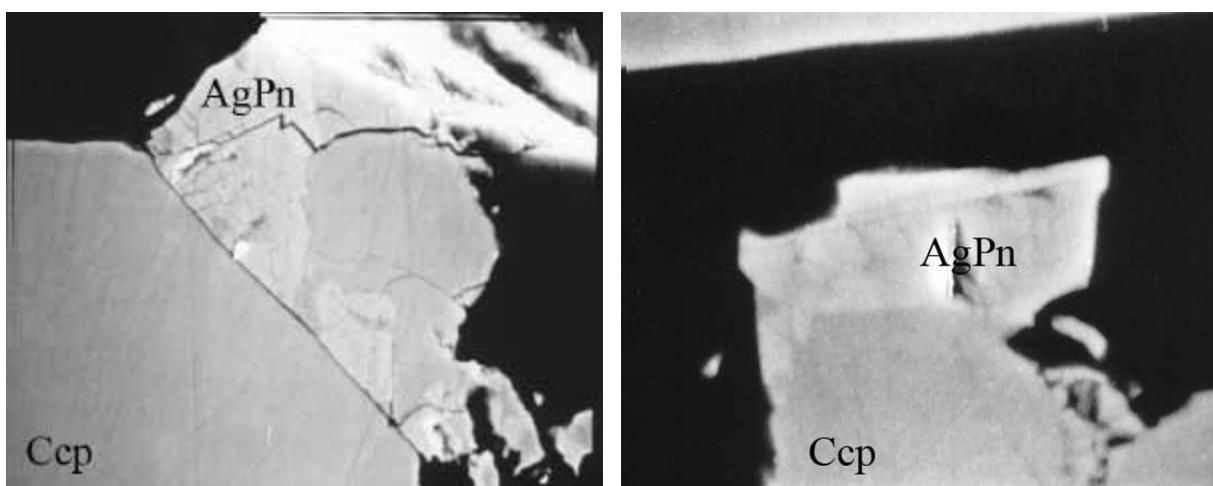


Рис. 3. Аргентопентландит из ийолитов с халькопиритом, нерудный – нефелин. РЭМ-снимки.

Все сульфиды содержат примеси. Пирит в ийолите наблюдался в виде зонального кристалла размером 2-3 мм, заместившего пирротин. Содержит реликты халькопирита. Зональность обусловлена колебанием примеси Со (табл.). К концу кристаллизации содержание Со увеличилось максимально. Халькопирит содержит примесь Ag (0.10-0.25, %) и Pd (до 0.15). В пирротине установлена примесь Pd 0.08, Ni (0.42-0.46), Со (0.13-0.19) и Cu (0.03-0.05). Присутствуют гексагональная и моноклинная модификации пирротина. Химический состав аргентопентландита устойчив, содержание Ag в нём – 11.54-12.28 мас. % (табл.).

Установленное ранее повышенное содержание благородных металлов, в особенности Ag, в медно-сульфидной минерализации из фоскоритов Ковдорского железорудного месторождения объясняется присутствием минералов Ag, в т.ч. аргентопентландита, генетически связанного с сульфидной минерализацией и ассоциирующего с халькопиритом. Впервые аргентопентландит установлен в породах Ковдорского массива, а не в сульфидном продукте обогащения.

#### Список литературы

1. Иваников В.В., Краснова Н.И., Филиппов Н.Б. и др. О проявлении платинометальной минерализации палаборского типа в карбонатных массивах Кольского п-ова // Докл. РАН. 1996. Т. 351. № 5. С. 659-661.
2. Гавриленко Б.В., Шпаченко А.К., Скиба В.И. и др. Отчёт о НИР по теме 4-97-3611 «Благороднометальное оруденение в базит-ультрабазитовых и щелочно-базит-ультрабазитовых интрузивных комплексах Кольского региона». Фонды КНЦ РАН. Апатиты. 2001.
3. Кухаренко А.А., Орлова М.П., Булах А.Г. и др. Каледонский комплекс ультраосновных, щелочных пород и карбонатов Кольского п-ова и Сев. Карелии. Геология, петрология, минералогия и геохимия. М.: Недра, 1965. 772 с.

4. Путинцева Е.В., Петров С.В., Филиппов Н.Б. Благородные металлы в продуктах переработки руд Ковдорского месторождения // Обогащение руд. 1997. № 5. С. 22-25.
5. Римская-Корсакова О.М., Краснова Н.И. Геология месторождений Ковдорского массива. СПб.: изд-во СПбГУ, 2002. 145 с.
6. Рудашевский Н.С., Булах А.Г., Краснова Н.И. Платинометальная и золото-серебряная минерализация в карбонатитах щелочно-ультраосновного комплекса, Ковдорский массив, Россия // Зап. ВМО. 1995. № 5. С. 1-15.
7. Терновой В.И. Карбонатитовые массивы и их полезные ископаемые. Л.: изд-во ЛГУ, 1977. 250 с.

### **База данных промышленных минералов Карелии**

Щипцов В.В., Данилевская Л.А., Бубнова Т.П., Скамницкая Л.С.  
Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, shchipt@sampo.ru

### **The data base of industrial minerals of Karelia**

Shchiptsov V.V., Danilevskaya L.A., Bubnova T.P., Skamnitskaya L.S.

*Показана необходимость инвентаризации, систематизации и создания компьютерной базы данных по промышленным минералам и горным породам Карелии, представляющей собой систематизированную и представленную в электронном виде информацию по всем объектам на территории Карелии.*

*Revealed is the need to unify, compile and create a computer data base on industrial minerals and rocks of Karelia, unified digitized data on all objects on the Karelia territory.*

В результате исследований, проводимых Институтом геологии КарНЦ РАН с 1960 г., накоплен большой фактический материал по промышленным минералам и горным породам (ПМ) – штуфы, шлифы, аншлифы, пробы и т.д., что является важной составляющей информационного обеспечения недропользования. Исследования прошлых лет и дополнены современным геолого-технологическим изучением нетрадиционных видов ПМ Карелии на стадиях поисково-оценочных работ. Выполнены комплексные технологические исследования ряда перспективных типов ПМ: маложелезистых мусковитовых сланцев, гранатовых и гранат-ставролитовых, кианитовых, титансодержащих, апатит-карбонатных руд, анортозитов, полевошпатового сырья, кварца и др. [1-5 и др.] Назрела необходимость проведения инвентаризации, систематизации и создания компьютерной базы данных по ПМ Карелии, представляющей собой систематизированную в электронном виде информацию по всем объектам, изученным на территории Карелии. Этапы работ:

- инвентаризация и сбор носителей первичной геологической информации (образцов, проб), полученной при геологическом изучении недр Карелии. Перевод части геологической информации (описи образцов, шлифов, дубликатов проб и др.) на электронные носители в формате Excel для создания первичной модели. К работе привлекались студенты-геологи 3 и 4 курсов ПетрГУ. В последние годы возникла необходимость комплектовать рабочие коллекции по разным систематическим группам, включая учебные коллекции в образовательных целях. Инвентаризация материалов Института также включала работу в архиве и научной библиотеке КарНЦ РАН;
- разработка методики систематизации первичной геологической информации, выявленной в ходе инвентаризации;
- систематизация первичной геологической информации (образцов, шлифов, дубликатов проб);
- подготовка и передача на хранение в Центральное кернохранилище Республики Карелия систематизированной первичной геологической информации в соответствии с требованиями «Временного регламента работы Центрального кернохранилища Республики Карелия».

Доступность переданных материалов позволяет организовать на их основе коллективное обслуживание недропользователей. В методическом отношении это рассматривается как составная часть геологической изученности и часть сети имеющейся в фондах информации. Разработана форма для заполнения базы данных (табл. 1.).

Разработана структура базы данных, в которую войдут основные краткие сведения по перспективным проявлениям и месторождениям Карелии. Это позволит в значительной мере ав-

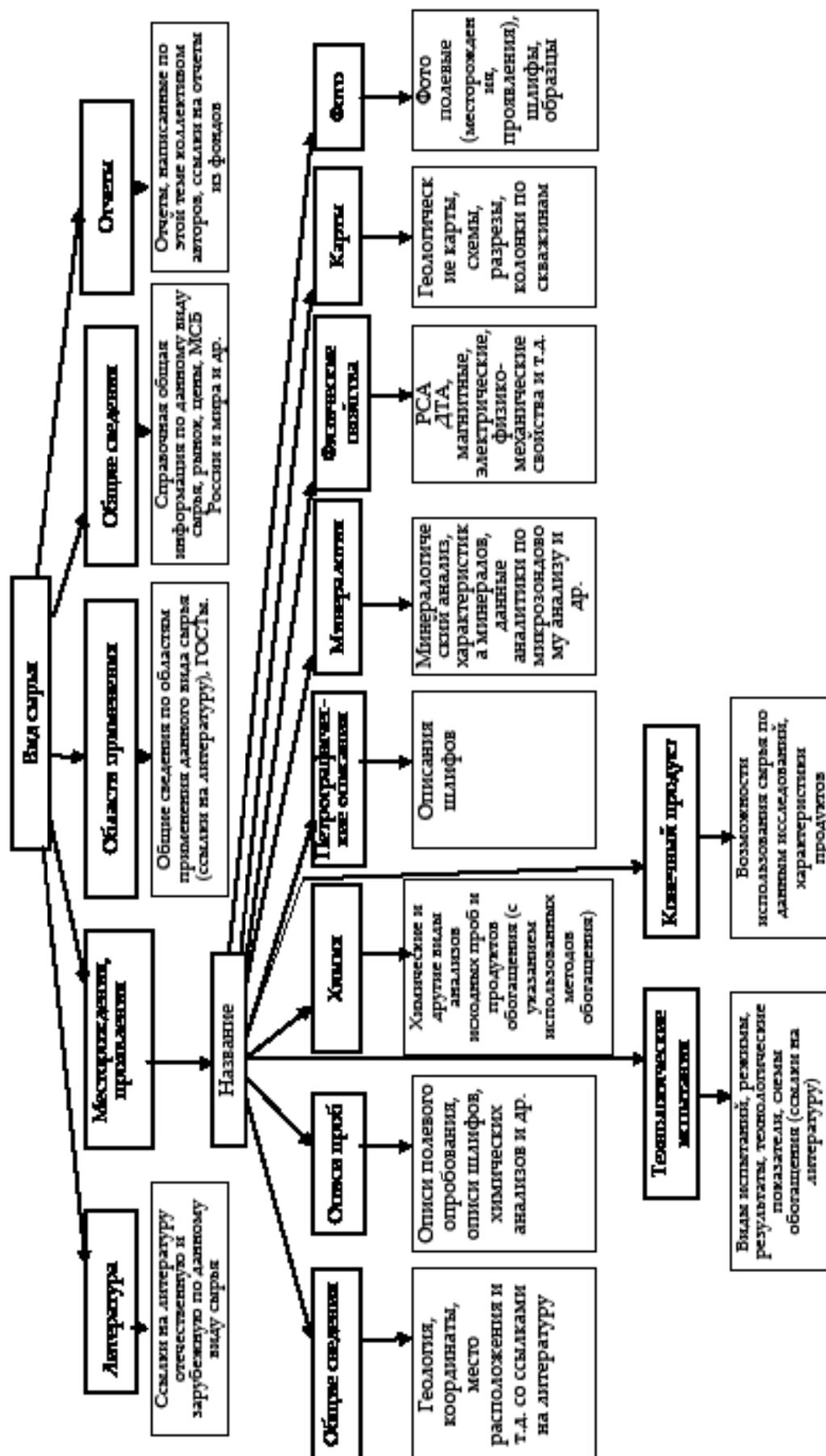


Рис. 1 Структура банка данных.

томатизировать получение информации по любому объекту или виду минерального сырья. Заполнение базы данных показано на примере кварца. База данных содержит сведения по пробам и образцам кварца из различных месторождений и проявлений Карелии. На данный момент она содержит информацию более чем о 500 пробах и образцах. База данных, созданная с помощью системы управления базами данных (СУБД) Microsoft Access, включает информацию по всем типам кварца на территории Карелии. Средствами MS Access разработаны формы для удобства работы с базой, проведена её нормализация. База данных состоит из четырёх основных и ряда вспомогательных таблиц. Каждая содержит информацию по определённому разделу данных о кварце. Таблицы связаны между собой по основному ключевому полю – номеру, который является уникальным для каждой пробы. Структура таблиц базы данных приведена в табл. 2.

Таблица 1. Форма для заполнения базы данных.

Вид сырья	1 уровень	2 уровень	3 уровень	
Название минерала (сырья), горной породы	Литература			
	Области применения			
	Общие сведения			
	Отчёты			
	Перечень месторождений	Конкретные месторождения	Карты	
			Минералогия	
			Общие сведения	
			Описи	
			Петрографическое описание	
			Технологические испытания	
			Физические свойства	
			Фото	
	Химия			

Созданная база данных по ПМ Республики Карелия может в значительной степени облегчить выбор наиболее перспективных объектов, способствовать развитию горного производства на Северо-Западе РФ и внедрению новых технологий. Конечным продуктом является банк данных. Его структура по каждому виду минерального сырья представлена на рис. 1.

Таблица 2. Структура таблиц базы данных.

Название поля	Описание
<i>1. Общие сведения</i>	
Номер пробы	Уникальный номер для каждой пробы (присутствует во всех таблицах)
Место отбора	Название месторождения или проявления
Структура 1 порядка	Название одной из трёх тектонических структур 1 порядка (геоблоков), выделяемых на территории Карелии, к которой относится данное месторождение или проявление (например: Беломорский подвижный пояс)
Привязка	Конкретное местоположение: номер или название конкретной жилы (если есть)

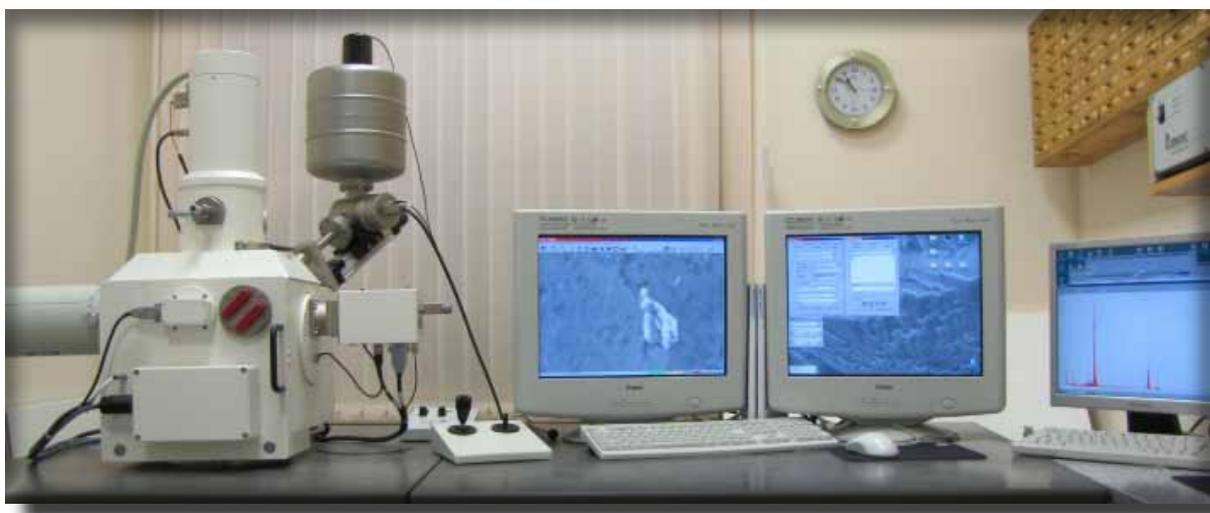
Координаты	Точные координаты проявления или месторождения
Вмещающие породы	Для жильных тел перечисление вмещающих пород
Стратиграфическая позиция	Относительный возраст породы, если жильная порода, то относительный возраст вмещающих пород
Тип кварца	Генетический тип кварца (пегматитовый, жильный и т.д.)
Характеристика кварца	Описание кварца: цвет, прозрачность, зернистость и т.д.
Год	Год взятия пробы
Чья коллекция	Фамилии геологов, отбиривших пробы
Проба	Логическое поле (проба или образец)
Наличие шлифа	Логическое поле (есть или нет)
Наличие аншлифа	Логическое поле (есть или нет)
Наличие пластинки	Логическое поле (есть или нет)
Наличие образца	Логическое поле (есть или нет образец в коллекции)
Фото	Фотография пластинки
<i>2. Общие химические анализы</i>	
SiO <sub>2</sub>	} Процентное содержание каждого оксида
TiO <sub>2</sub>	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
FeO	
MnO	
MgO	
CaO	
Na <sub>2</sub> O	
K <sub>2</sub> O	
H <sub>2</sub> O	
ППП	Потери при прокаливании (в %)
Аналитики	Фамилии аналитиков, проводивших анализ
<i>3. Микропримеси</i>	
Номер концентрата	Номер или буквенное обозначение, которые добавляются к номеру пробы, если анализируются несколько концентратов после различных стадий обработки пробы или при различных режимах
Лаборатория	Название лаборатории, где был сделан анализ
Подготовка пробы к обогащению	Перечисление стадий технологической обработки, которым подвергалась проба. Если проба не проходила технологическую обработку – исходная, если отбирался кусочек визуально - ручная

Al	} Содержание каждого элемента в ppm
Fe	
K	
Na	
Ti	
Li	
Ca	
Mg	
Cu	
Cr	
Mn	
Ni	
Mo	
Sb	
V	
Отдана на анализ	Логическое поле, указывающее какие из проб отданы на анализ
<i>4. Физические свойства</i>	
Коэффициент светопропускания	Числовое значение коэффициента светопропускания, среднее из трех измерений
Декрептоактивность	Числовое значение декрептоактивности
Интервал газовойделения	Интервал температур, при котором проходило газовыделение при декрепитации
Максимум газовойделения	Интервал температур, при котором происходило валовое растрескивание включений в ходе декрепитационного анализа
Пики	Значения температурных пиков (максимума растрескивания), включая слабые пики
<i>Результаты рентгеновского анализа</i>	
Методика	Методика, по которой проводился анализ: внутренняя (стандартная) и зарубежная
Параметр А	Значение параметра А кристаллической решётки кварца (с точностью $\pm 0.0001-0.0003$ )
Параметр С	Значение параметра С кристаллической решётки кварца (с точностью до $\pm 0.0001-0.0003$ )
Объём элементарной ячейки	Значение объёма элементарной ячейки кварца (с точностью $\pm 0,01-0,02$ )
Индекс кристалличности	Значения индекса кристалличности кварца

#### Список литературы

1. Щипцов В.В., Скамницкая Л.С., Гаранжа А.В. и др. Хизоваарское кианитовое поле, Сев. Карелия // Петрозаводск: изд-во КарНЦ РАН, 1988. 102 с.
2. Precambrian industrial minerals of Karelia. / Ed. V.V. Shchiptsov. Petrozavodsk: Poliprint Ltd, 1993. 84 p.
3. Каменева Е.Е., Скамницкая Л.С. Обогащение минерального сырья Карелии. Петрозаводск: изд-во КарНЦ РАН, 2003. 230 с.
4. Данилевская Л.А., Скамницкая Л.С., Щипцов В.В. Кварцевое сырьё Карелии. Петрозаводск: изд-во КарНЦ РАН, 2004. 236 с.
5. Щипцов В.В., Бубнова Т.П., Скамницкая Л.С. и др. Гранатовые руды Карелии // Петрозаводск: изд-во КарНЦ РАН, 2004. 208 с.

# Технологическая, техническая и экспериментальная минералогия



Technological, technical and  
experimental mineralogy



## Экспериментальное исследование биоминералообразования в присутствии аминокислот

Бельская Л.В., Солоненко А.П., Голованова О.А.  
Омский государственный университет, Омск, LudaB2005@mail.ru

### Experimental study of biomineralization process with amino acids

Bel'skaya L.V., Solonenko A.P., Golovanova O.A.

*Проведено термодинамическое и экспериментальное исследование фазообразования в растворе, по минеральному и аминокислотному составу приближенному к ротовой жидкости человека. Аминокислоты вносят значительный вклад в ионную силу системы, способствуя увеличению электростатического отталкивания между ионами и затруднению осаждения малорастворимых фосфатов Са. Комплексообразование аминокислот с  $\text{Ca}^{2+}$  не приводит к снижению пересыщения раствора и изменению последовательности осаждения солей. Результаты экспериментального моделирования кристаллизации гидроксил-апатита показали, что ингибирующее влияние аминокислот вызвано адсорбционным взаимодействием ионизированных форм с поверхностью твёрдой фазы.*

*Carried out is the thermodynamic and experimental research of biomineral formation process in a solution, which mineral and amino acids structure is similar to oral liquid. It is established that amino acids considerably contribute to the ionic force of the system, promoting increase in electrostatic pushing away between ions and impeding the of sedimentation process of low soluble calcium phosphates. Thus, the formation of amino acids complexes with  $\text{Ca}^{2+}$  does not decrease the supersaturation of a solution and change of the sedimentation sequence of salts. Results of the experimental modeling of the hydroxyapatite crystallization process showed that the inhibitory influence of amino acids was caused by the adsorption interaction of the ionized forms of amino acids with a surface of a firm phase.*

Гидроксилapatит  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  – важный физиогенный минерал, основной неорганический компонент твёрдых тканей в организме человека. Он чаще других соединений встречается в большинстве патогенных органоминеральных агрегатов (ОМА), к числу которых относятся зубные и слюнные камни. Биокристаллизация основного фосфата Са происходит в сложной по составу среде. Важную информацию об образовании малорастворимых фаз в многокомпонентных биологических системах можно получить на основании термодинамических расчётов, определяющих условия осаждения соединений. При этом возникают трудности, связанные со сложным составом моделируемой системы и многообразием процессов, происходящих одновременно. Поэтому информация о фазообразовании в биологических жидкостях весьма актуальна.

Ранее нами проведён термодинамический расчёт возможности осаждения малорастворимых солей Са и Mg из раствора, по составу приближенного к слюне человека [1, 3]. При этом учитывалось влияние аминокислот, в значительном количестве присутствующих в ротовой жидкости человека. Роль аминокислот в образовании малорастворимых фосфатов Са не ясна. Есть предположение, что они ингибируют осаждение гидроксилapatита [5, 6]. Это может быть обусловлено: 1) адсорбционным взаимодействием, приводящим к изменению скорости роста кристаллов; 2) образованием комплексов аминокислот с ионами  $\text{Ca}^{2+}$ , приводящим к снижению пересыщения раствора. Результаты указывают на то, что аминокислоты вносят значительный вклад в ионную силу раствора, способствуя увеличению электростатического отталкивания между одноименными ионами, затрудняя фазообразование. При этом они довольно слабо связывают ионы  $\text{Ca}^{2+}$  в комплексы, поскольку образование хелатных соединений аминокислот с  $\text{Ca}^{2+}$  не приводит к значительному снижению пересыщения раствора, в результате которого наблюдались бы изменения в кристаллизации минеральных фаз. Таким образом, комплексообразование аминокислот с ионами  $\text{Ca}^{2+}$  не является главной причиной их ингибирующего действия в осаждении фосфатов Са. По нашему мнению, замедление роста и уменьшение размеров образующихся кристаллов гидроксилapatита в присутствии аминокислот связано в большей степени с адсорбционным взаимодействием ионизированных форм органических молекул с заряженными участками поверхности твёрдой фазы.

Таким образом, установление роли аминокислот на формирование гидроксилapatита важно для понимания механизма образования биогенных и патогенных ОМА. Цель работы – моделирование кристаллизации гидроксилapatита *in vitro* в присутствии аминокислот.

Для изучения влияния аминокислот на формирование гидроксилapatита – основной минеральной составляющей органоминеральных агрегатов полости рта – проведено моделирование фазообразования в растворе, по составу приближенному к ротовой жидкости человека в присутствии аминокислот и без них. В качестве исходных реагентов использовали соли  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaCl}$  марки ч.д.а. и х.ч. и дистиллированную

воду. Пересыщение по ионам  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{PO}_4^{3-}$  в растворе создано равным 50 относительно биологического ( $C_{\text{Ca}} = 4.78$  ммоль/л,  $C_{\text{PO}_4} = 23.7$  ммоль/л). В отдельных опытах в модельные растворы вводили глутаминовую кислоту ( $C = 0.107$  (норма),  $0.396$  (камнеобразование в полости рта),  $1.070$  г/л (норма\*10)), серин ( $C = 0.128, 0.215, 1.28$  г/л), лизин ( $C = 0.080, 0.440, 0.880$  г/л) или пролин ( $C = 0.009, 0.046, 0.093$  г/л). Эти аминокислоты выбраны в качестве добавок ввиду того, что они присутствуют в биологическом растворе (ротовой жидкости) в свободном состоянии и в составе белков, а также в патогенных ОМА (зубных и слюнных камнях) в наибольших количествах. Готовые растворы оставляли для кристаллизации при комнатной температуре на 30-120 суток. Осадки анализировали методами РФА (Дрон-3), ИК-спектроскопии (Perkin Elmer) и АЭС-ИСП (ОПТИМА 2000 DV). В надосадочных жидкостях методами химического анализа определяли остаточные концентрации ионов Ca, Mg, фосфатов и аминокислот.

Анализ методами РФА и ИК-спектроскопии синтезированных твёрдых фаз показал, что все образцы слагает гидроксилapatит, который по термодинамическим расчётам имеет наибольший индекс пересыщения. Степень кристалличности соединения изменяется в присутствии добавок и зависит от их количества. Ухудшение окристаллизованности осадков по сравнению с контрольным образцом наблюдается в присутствии аминокислот. Чем выше концентрация глутаминовой кислоты, серина, лизина или пролина в растворе, тем более снижается кристалличность твёрдых фаз (рис. 1, табл. 1). Это может быть вызвано ингибированием осаждения гидроксилapatита за счёт адсорбции аминокислот на активных центрах роста кристаллов.

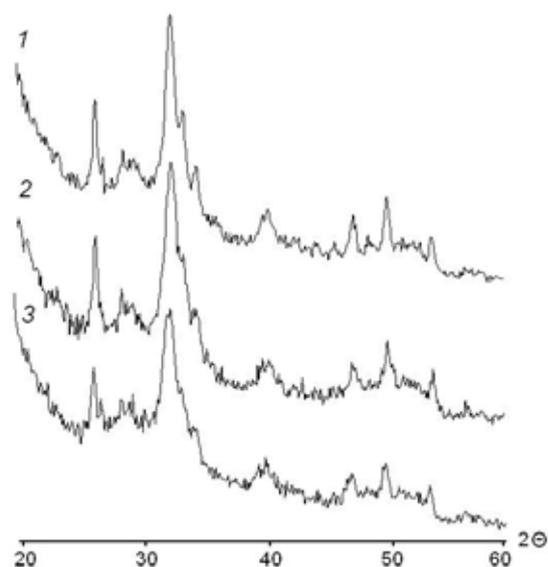


Рис. 1. Дифрактограммы образцов из растворов: 1) без добавок, 2)  $C(\text{Ser}) = 0.107$  г/л, 3)  $C(\text{Ser}) = 1.07$  г/л.

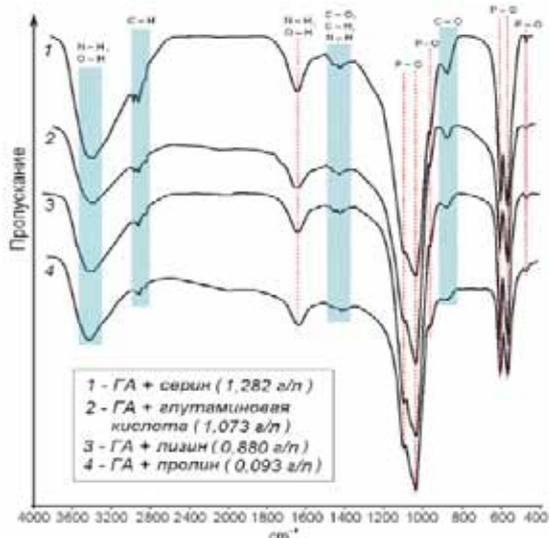


Рис. 2. ИК-спектры осадков из модельных систем с аминокислотами.

Предположение подтверждается исследованием образцов методом ИК-спектроскопии (рис. 2). На спектрах наблюдаются полосы поглощения группировок, характерных для аминокислот: широкая полоса в области  $3100-3600$   $\text{cm}^{-1}$  и колебания при  $1650$   $\text{cm}^{-1}$  включают перекрывающиеся полосы поглощения связей N-H в ионизированных аминогруппах аминокислот и O-H в гидроксигруппах; полосы с минимумами при  $2940$  и  $2880$   $\text{cm}^{-1}$  соответствуют колебаниям связей C-H в метиленовых группировках; на участке  $1400-1600$   $\text{cm}^{-1}$  проявляются колебания ионизированных карбоксильных, метиленовых и аминогрупп; полоса  $873$   $\text{cm}^{-1}$  относится к деформационным колебаниям  $\text{COO}^-$  группы.

Наличие этих колебаний говорит о том, что в состав осадка аминокислоты входят в форме цвиттер-ионов (ионов, несущих одновременно положительный и отрицательный заряды, пространственно разделённые и локализованные на разных атомах), т.е. происходит адсорбция их на гидроксилapatите, а не образование механических смесей индивидуальных компонентов или встраивание молекул аминокислот в структуру гидроксилapatита.

Методом ИК-спектроскопии установлено, что со временем происходят изменения в структуре гидроксилapatита (рис. 3). Об этом свидетельствуют полосы поглощения молекул воды (широкая полоса с минимумом при  $3440$   $\text{cm}^{-1}$  и полоса при  $1650$   $\text{cm}^{-1}$ , указывающие на присутствие её молекул в каналах структуры апатита), а также полосы  $\text{CO}_3^{2-}$  групп (дублет  $1460$  и  $1420, 876$   $\text{cm}^{-1}$ ), замещающие фосфатные тетраэдры.

При увеличении времени выдерживания осадка интенсивность полос поглощения карбонат-ионов и воды уменьшается, что связано

с созреванием осадка под маточным раствором и улучшением его структуры. Вероятно, процесс идёт по механизму растворения-осаждения. При этом не наблюдается значительного увеличения массы твёрдой фазы, осаждающейся из раствора при выдерживании модельных систем более 1 месяца. Вероятно, это связано с адсорбцией аминокислоты на активных центрах растущих поверхностей и ингибированием роста зародышей.

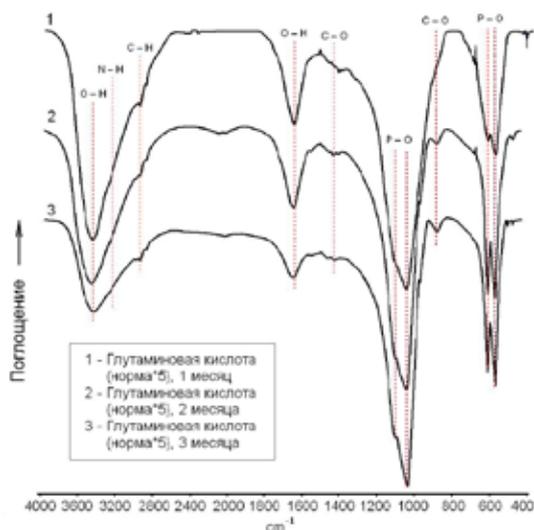


Рис. 3. ИК-спектры осадков из растворов с глутаминовой кислотой.

зом образцов: в области 10-20° по 2θ (CuK<sub>α</sub>) наблюдается существенное повышение фона, указывающее на рентгеноаморфную компоненту Ca<sub>x</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>y</sub>·zH<sub>2</sub>O. Для неё Ca/P может изменяться в пределах 1.2-2.5 [2]. Увеличение Ca/P относительно стехиометрического может быть вызвано специфической сорбцией на отрицательно заряженной поверхности ионов Ca<sup>2+</sup>, CaOH<sup>+</sup> и CaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>+</sup> [9] и их встраиванием в решётку апатита. В результате происходит компенсация отрицательного заряда и появление положительного заряда на поверхности. В экспериментах по измерению ζ-потенциала частиц золей гидроксилapatита установлено [7]: чем выше отклонение от идеальной величины Ca/P, тем большим положительным зарядом характеризуется поверхность твёрдой фазы. Это обуславливает возможность адсорбционного взаимодействия с аминокислотами из раствора.

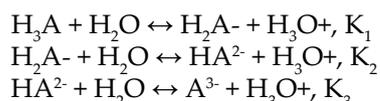
Таблица 1. Характеристики твердых фаз из растворов с аминокислотами.

Аминокислота	C(АК), г/л	Масса осадка, г.	W (Ca), масс. %	Ca/P	K*
Глутаминовая кислота [HOOCCH(NH <sub>2</sub> )CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH]	0.107	0.071	35.83	<b>1.77</b>	<b>4.75</b>
	0.396	0.080	34.86	1.80	4.43
	1.073	<b>0.081</b>	33.10	1.85	4.18
Серин [HOCH <sub>2</sub> CH(NH <sub>2</sub> )COOH]	0.128	0.088	28.56	<b>1.79</b>	<b>4.67</b>
	0.215	0.092	30.07	1.83	4.41
	1.282	0.094	30.23	1.81	4.27
Пролин [HNC <sub>4</sub> H <sub>7</sub> COOH]	0.009	0.089	40.09	<b>2.02</b>	<b>4.29</b>
	0.046	0.098	42.27	1.94	3.77
	0.093	0.101	46.08	1.96	3.13
Лизин [H <sub>2</sub> N(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH(NH <sub>2</sub> )COOH]	0.088	0.103	42.85	<b>1.92</b>	<b>4.18</b>
	0.440	0.117	39.57	1.91	3.61
	0.880	<b>0.123</b>	37.12	1.89	3.02
Без добавок	-	0.493	31.94	1.70	<b>5.35</b>

Примечание: \* K – кристалличность (по ИК-спектрам образцов с помощью PeakFit\_v 4.11).

Кислотно-основные свойства аминокислот можно интерпретировать исходя из теории кислот и оснований Бренстеда–Лоури. Глутаминовая кислота является α-аминодикарбоновой, а лизин – диаминокарбоновой, поэтому в полностью протонированной форме они представляют

собой трёхосновные кислоты, ступенчато диссоциирующие по обычной схеме:



В отличие от них, серин (гидроксиаминокислота) и пролин (гетероциклическая аминокислота) двухосновны.

Исходя из ступенчатых констант кислотности, рассчитаны молярные доли каждой формы аминокислоты, присутствующей в растворе в условиях эксперимента (табл. 2). На основании расчётных данных можно сделать вывод, что в водном растворе аминокислоты присутствуют в виде заряженных частиц, а именно цвиттер-ионов, которые и адсорбируются на поверхности гидроксилпатита. В условиях эксперимента отрицательный заряд несут только молекулы глутаминовой кислоты (в виде  $^-\text{OOC}(\text{CH}_2)_2\text{CH}(\text{NH}_3^+)\text{COO}^-$ ), положительным заряжены молекулы лизина ( $^+\text{NH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}(\text{NH}_3^+)\text{COO}^-$ ), суммарный нулевой заряд возникает у пролина ( $\text{H}_3\text{N}^+(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{COO}^-$ ) и серина ( $\text{HOCH}_2(\text{NH}_3^+)\text{COO}^-$ ). Но молекулы последнего поляризованы и заряды пространственно разделены, тогда как неполярный пролин, являясь гетероциклической аминокислотой, в целом не имеет заряда из-за делокализации электронной плотности, в которой участвуют амино- и карбоксильная группы в соседних положениях (рис. 4). На начальном этапе кристаллизации заряженные частицы могут сорбироваться на полярной поверхности зародышей гидроксилпатита, препятствуя их росту. При этом формируются нано- и микрометровые частицы.

Таблица 2. Константы кислотности и молярные доли форм аминокислот в растворе.

Аминокислота	pKa	pKa	pKa	$\alpha$ (H <sub>3</sub> A)	$\alpha$ (H <sub>2</sub> A)	$\alpha$ (HA)	$\alpha$ (A)
	$\alpha$ -COOH	$\alpha$ -NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	-RH				
Глутаминовая кислота	2.19	9.67	4.25	$2.74 \cdot 10^{-8}$	$1.77 \cdot 10^{-3}$	<b><math>9.96 \cdot 10^{-1}</math></b>	$2.13 \cdot 10^{-3}$
Серин	2.21	9.15	–	–	$1.61 \cdot 10^{-5}$	<b><math>9.93 \cdot 10^{-1}</math></b>	$7.03 \cdot 10^{-3}$
Пролин	2.00	10.60	–	–	$1.00 \cdot 10^{-5}$	<b>1.00</b>	$2.51 \cdot 10^{-4}$
Лизин	2.18	8.95	10.53	$1.50 \cdot 10^{-5}$	<b><math>9.89 \cdot 10^{-1}</math></b>	$1.11 \cdot 10^{-2}$	$3.27 \cdot 10^{-6}$

Адсорбционное взаимодействие аминокислот с поверхностью носит электростатический характер. Наибольшее участие в адсорбции принимают ионизированные карбоксильные и аминогруппы, посредством которых молекулы органических веществ способны сорбироваться на положительных и отрицательных областях поверхности твёрдой фазы [8]. Существование аминокислот в виде цвиттер-ионов способствует стабилизации конформеров, взаимодействие амино- и карбоксильных групп которых с поверхностью гидроксилпатита протекает без изменения конформации молекулы, т.е. энергетически выгодно. Дополнительная стабилизация поверхностных соединений обусловлена способностью аминокислот образовывать полидентатные хелатные комплексы с ионами Са на поверхности.

На этом основании следовало бы считать, что глутаминовая кислота в большем количестве, чем остальные, будет адсорбироваться на поверхности гидроксилпатита, т. к. она несёт наибольший отрицательный заряд, являясь двухосновной. Но при сравнении интенсивностей поглощения С-Н связей на ИК-спектрах осадков видно (рис. 2), что в состав образцов в большем количестве входит серин. Закономерность согласуется с установленной Д. Флемингом и др. последовательностью, в которой адсорбируются аминокислоты на гидроксилпатите: (\*) Gly > Ser > Thr > Asp > Glu ≥ Arg > His > Met > Lys > Leu ≥ Val > Ala > i-Leu > Tyr > Phe [4]. Это можно объяснить, если сравнить размеры молекул (рис. 4).

Согласно существующим представлениям [5], аминокислоты взаимодействуют с ионами Са<sup>2+</sup> кристаллической поверхности главным образом терминальной карбоксильной группой. Адсорбированные молекулы могут свободно вращаться вокруг вертикальной оси относительно поверхности твёрдой фазы, поэтому эффективный объём адсорбции может быть представлен конусом. Для глутаминовой кислоты проекция конуса на поверхность гидроксилпатита – круг радиусом 5.23 Å [5]. Таким образом, адсорбированные молекулы заполняют большую поверхность кристаллов и за счёт экранирования блокируют одновременно несколько активных центров.

Вместе с тем, следует учитывать заряды, которые несут поверхность твёрдой фазы и мо-

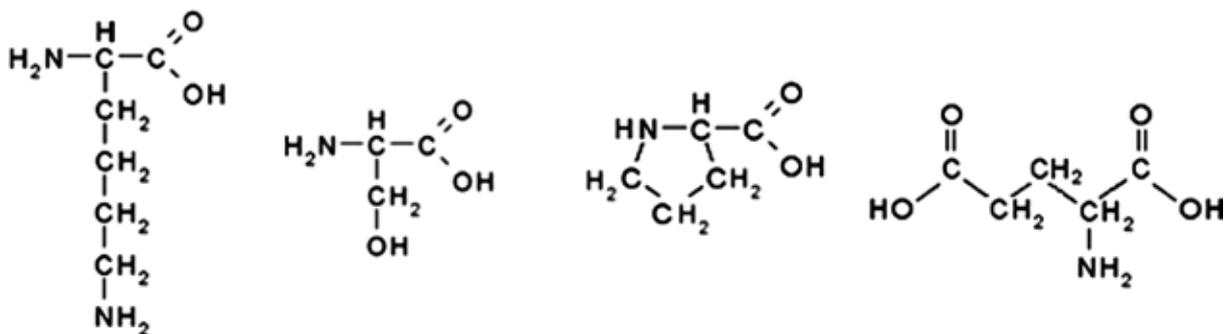


Рис. 4. Структурные формулы лизина, серина, пролина и глутаминовой кислоты.

лекулы аминокислоты. В эксперименте на поверхности гидроксилapatита преобладают положительно заряженные области (из-за избытка ионов Ca), поэтому взаимодействие аминокислот с поверхностью кристаллов увеличивается с уменьшением положительного заряда доминирующей формы аминокислоты. Цвиттер-ионы глутаминовой кислоты, взаимодействуя с поверхностью, блокируют несколько активных центров за счёт свободного вращения углеводородного «хвоста» молекулы и образования химических связей. В процессе адсорбции глутаминовой кислоты участвуют две карбоксильные и одна аминогруппа, в результате на поверхности образуются устойчивые хелатные комплексы. Это обуславливает значительно большее сродство глутаминовой кислоты к гидроксилapatиту по сравнению с остальными исследуемыми аминокислотами ( $K_{\text{aff}} = 30.21 \cdot 10^2$  л/моль). Уже при малых концентрациях в растворе она оказывается более сильным ингибитором кристаллизации и роста. Наибольшее количество серина в полученных образцах, вероятно, вызвано тем, что эта аминокислота имеет в структуре все три наиболее активные в процессах адсорбции группировки ( $\text{NH}_3^+$ ,  $\text{COO}^-$ ,  $\text{OH}^-$ ), а также сравнительно небольшие размеры и частичный отрицательный суммарный заряд цвиттер-ионов. Молекулы лизина обладают суммарным положительным зарядом. Поэтому можно предположить, что ввиду одноимённого заряда сорбата и сорбента между ними возникает электростатическое отталкивание. Это приводит к тому, что адсорбция происходит только на отрицательно заряженных участках гидроксилapatита (фосфатные группы). Поскольку молекулы лизина имеют относительно большие геометрические размеры, стоит ожидать, что их количество на поверхности твёрдой фазы будет малым. Выводы подтверждаются результатами ИК-спектроскопии (рис. 2). Малая величина константы сродства пролина к гидроксилapatиту ( $\sim 7.5 \cdot 10^2$  л/моль [6]) характеризует низкую интенсивность адсорбции, при которой аминокислота блокирует большое количество активных центров, поскольку пирролидиновое кольцо ориентируется параллельно поверхности твердой фазы. По уменьшению размера молекул исследуемые аминокислоты можно расположить в ряд: Lys > Pro > Glu > Ser. Эта последовательность обратна ряду (\*). Следовательно, геометрический фактор играет при адсорбции важную роль.

Таким образом, в условиях эксперимента наиболее сильными ингибиторами кристаллизации гидроксилapatита оказываются глутаминовая кислота и серин. В их присутствии масса осаждающейся твёрдой фазы оказывается наименьшей, в ней ниже содержание Ca и выше кристалличность. В ходе моделирования фазообразования в гипотетическом растворе, по составу приближенному к ротовой жидкости человека, установлено, что ингибирование кристаллизации гидроксилapatита вызвано адсорбционным взаимодействием ионизированных форм аминокислот с заряженными участками поверхности твёрдой фазы. По силе ингибирующего действия исследованные аминокислоты можно расположить в ряд: глутаминовая кислота > серин > пролин, лизин.

#### Список литературы

1. Бельская Л.В., Голованова О.А. Термодинамическое моделирование процесса образования зубного камня // Вестник Омского ун-та. 2008. № 4. С. 49-53.

2. Вересов А.Г., Путляев В.И., Третьяков Ю.Д. Химия неорганических биоматериалов на основе фосфата кальция // Рос. хим. Журнал. 2004. Т. 48. № 4. С. 52-64.
3. Солоненко А.П., Бельская Л.В., Голованова О.А. Особенности кристаллизации фосфатов кальция в присутствии аминокислот // Химия в интересах устойчивого развития. 2010. № 1. С. 71-78.
4. Fleming D.E., Bronswijk W., Ryall R.L. A comparative study of the adsorption of amino acids on to calcium minerals found in renal calculi // Clinical Sci. 2001. N 101. P 159-168.
5. Koutsopoulos S., Dalas E. The effect of acidic amino acids on hydroxyapatite crystallization // J. Crystal Growth. 2000. V 217. P 410-415.
6. Koutsopoulos S., Dalas E. Hydroxyapatite crystallization in the presence of serine, tyrosine and hydroxyproline amino acids with polar side groups // J. Crystal Growth. 2000. V 216. P 443-449.
7. Rosseeva E.V., Golovanova O.A., Frank-Kamenetskaya O.V. The influence of amino acids on the formation of nanocrystalline hydroxyapatite // Glass Physics and Chemistry. 2007. V 33. N 3. P 283-286.
8. Shen J.-W., Tao Wu, Qi Wang et al. Molecular simulation of protein adsorption and desorption on hydroxyapatite surfaces // Biomaterials. 2008. N 29. P 513-532.
9. Zhu P.X., Masuda Y., Koumoto K. Site-selective adhesion of hydroxyapatite micro particles on charged surfaces in a supersaturated solution // J. Colloid and Interface Sci. 2001. N 243. P 31-36.

### Новые соединения – фторофосфатоцирконаты Cs

Годнева М.М.<sup>1</sup>, Рыськина М.П.<sup>1</sup>, Мотов Д.Л.<sup>1</sup>, Пахомовский Я.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья КНЦ РАН, Апатиты

<sup>2</sup>Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, motov@chemy.kolasc.net.ru

### New fluoride-phosphate-zirconate compounds of Cs

Godneva M.M., Rys'kina M.P., Motov D.L., Pakhomovsky Ya.A.

*Из фтористокислых растворов Zr введением фосфорной кислоты получены новые фторофосфатоцирконатные соединения  $CsHZrF_3PO_4$  и  $Cs_{0.70}ZrF(PO_4)_{1.23} \cdot nH_2O$ , изученные методами сканирующей электронной микроскопии, электроннозондового рентгеновского, кристаллооптического, рентгенофазового анализов и ИК-спектроскопии.*

*New compounds  $CsHZrF_3PO_4$  and  $Cs_{0.70}ZrF(PO_4)_{1.23} \cdot nH_2O$  were obtained by adding phosphoric acid to hydro-fluoric-zirconium solutions. The compounds were studied by the electron microprobe analysis, scanning electron microscopy, IR-spectroscopy, crystalloptic and X-ray diffraction analysis.*

Получение новых рентгенолюминофоров на основе соединений Zr актуально по ряду причин. Есть основание полагать, что синтез фторофосфатоцирконатов позволит создать материалы с высоким выходом рентгенолюминесценции (РЛ) и благоприятным спектральным составом вследствие наличия в их структуре 2-3 разных люминогенных групп, дающих более сильное ин-

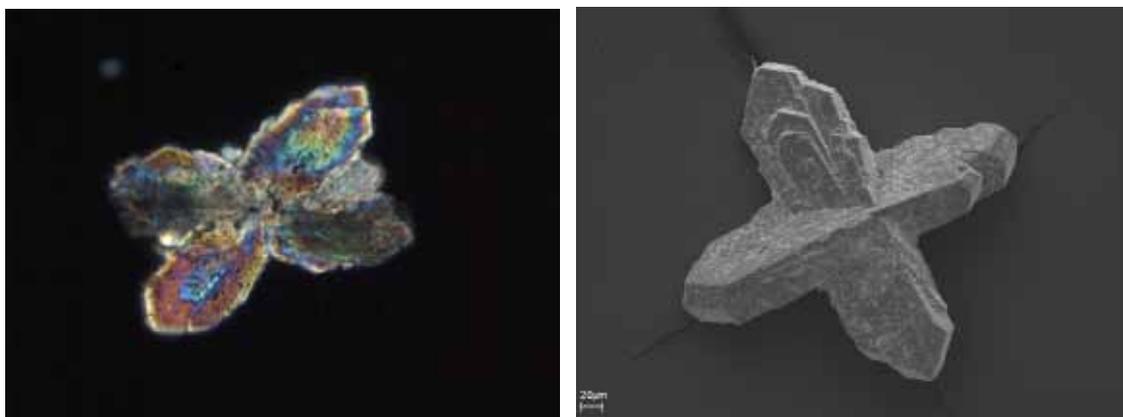


Рис. 1. Двойники кристаллов фторофосфатоцирконата  $CsHZrF_3PO_4$ : слева – в поляризованном свете, справа – SEM изображение.

тегральное излучение, чем одна такая группа. Отсутствие токсичности у таких рентгенолюминофоров создаёт предпосылки их широкого применения в медицине. Кроме того, «мягкий синтез» фторофосфатоцирконатов предполагает использование небольшого числа доступных реагентов: оксонитрата Zr, фосфорной кислоты и фторидов щелочных элементов, тогда как общее количество реактивов в производстве люминофоров составляет около сотни наименований, причём часть из них остродефицитна.

Данная работа продолжает исследования по получению прекурсоров люминофоров. Ранее выделены фторофосфатоцирконаты K и Rb [2, 3]. Из раствора оксонитрата Zr при определённых мольных отношениях Cs, F и  $H_3PO_4$  к Zr после введения последовательно HF, CsF и  $H_3PO_4$  без нагрева выделен осадок, состоящий преимущественно из крупных кристаллов размером 60-350 мкм, которые механически отделены от более мелкой фракции. Кристаллы крупной фракции имеют пластинчатое строение и образуют характерные поликристаллические агрегаты (двойники, реже тройники и четверники) с показателями преломления  $n_g = 1.606$  и  $n_p = 1.534$  (рис. 1). В табл. 1 дана их рентгенограмма, не имеющая аналогов [4].

Таблица 1. Рентгенометрические характеристики крупной фракции фторогидрофосфатоцирконата.

d, Å	$I_{отн.}$	d, Å	$I_{отн.}$	d, Å	$I_{отн.}$
7.2	13	2.59	23	1.862	23
4.60	49	2.52	47	1.807	28
3.69	52	2.47	17	1.770	29
3.55	100	2.36	56	1.685	16
3.37	97	2.28	19	1.610	35
3.16	43	2.13	20	1.594	21
3.02	20	2.02	36	1.545	27
2.97	60	1.980	27		
2.82	24	1.940	36		
2.63	24	1.885	27		

ИК-спектр кристаллов (рис. 2) не содержит полос деформационных колебаний воды, что свидетельствует о её отсутствии. При этом в спектре имеются полосы, относимые к  $\gamma$  (РОН),  $\nu$  (РО(Н)),  $\delta$  (РОН) и  $\nu$  (ОН), характерные для  $HPO_4$ -групп, но не проявляются линии 840–910  $cm^{-1}$ , присущие только  $H_2PO_4$ -группе и не наблюдаемые у  $HPO_4$ -группы [1] (табл. 2). Это заставляет полагать, что данному соединению не свойственна группа однозамещённого фосфата, а только двухзамещённого.

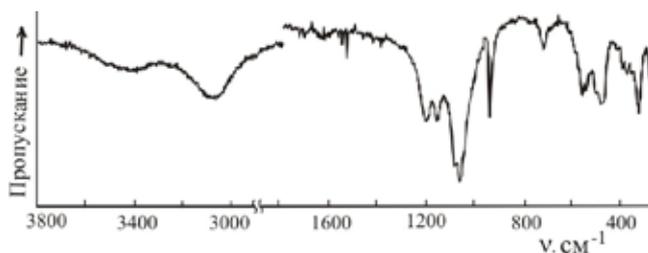


Рис. 2. ИК-спектр  $CsHZrF_3PO_4$ .

состав крупных кристаллов (масс. %): Cs 35.3, Zr 23.9, F 13.4,  $PO_4^{3-}$  24.2. Химический состав соединения  $CsHZrF_3PO_4$ , вычисленный по его формуле, соответствует: Cs 35.24, Zr 24.19, F 15.11,  $PO_4^{3-}$  25.18.

Мелкокристаллическая фаза (табл. 3) представляет собой таблички с изометричным обликом и средним показателем преломления  $< 1.539$  (рис. 3). Для неё найдено (масс. %): Cs 26.5, Zr 26.0, F 5.4,  $PO_4^{3-}$  33.4. По сравнению с химическим составом крупных кристаллов, мелкокристаллическая фаза содержит заметно меньше Cs, F и больше  $PO_4^{3-}$ , а судя по ИК-спектру, в неё входит  $H_2O$ . Вероятно, состав отвечает формуле  $Cs_{0.70}ZrF(PO_4)_{1.23} \cdot nH_2O$ .

Cs, Zr и P определяли методом локального рентгеноспектрального анализа, F – по разности. Ввиду тонковолокнистого строения и высокой хрупкости соединения получить полированный препарат для изучения химического состава с помощью электроннозондового рентгеновского микроанализатора не удалось. С помощью энергодисперсионного анализа на сканирующем электронном микроскопе LEO-1450 и рентгеновского микроанализатора MS-46 САМЕСА оценен химический

Таблица 2. Волновые числа ( $\text{см}^{-1}$ ) полос поглощения ИК-спектра  $\text{CsHZrF}_3\text{PO}_4$  (с – сильная, сл – слабая, у – линии узкая, ш – широкая, п – порожек).

Волновые числа	Отнесение [1]	Волновые числа	Отнесение [1]
330 у	$\nu$ (Zr-F-Zr)	940 у	$\nu$ (PO(H))
380 сл	$\delta_{\text{as}}$ ( $\text{PO}_4$ )	1060 с у	$\nu_{\text{as}}$ ( $\text{PO}_3$ )
390 сл		1080	
420 сл		1160	
480	$\delta_{\text{as}}$ ( $\text{PO}_4$ ), $\nu$ (Zr-F)	1200	$\delta$ (POH)
500 п		1520 у	-
540		3060 ш	$\nu$ (OH)
560	$\delta_{\text{as}}$ ( $\text{PO}_4$ )	3400	-
720	$\gamma$ (POH)		

Таблица 3. Рентгенометрические характеристики мелкокристаллической фазы (\* крупнокристаллической фазы  $\text{CsHZrF}_3\text{PO}_4$ ).

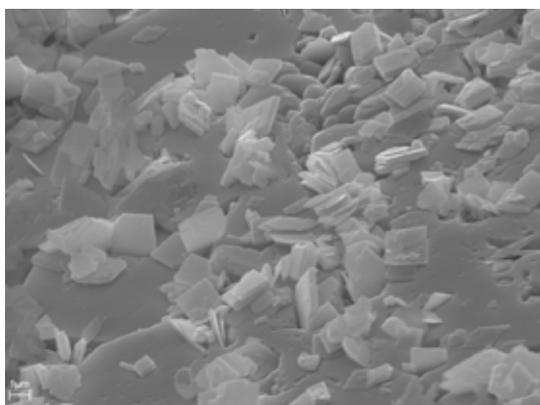


Рис. 3. Фторофосфатоцирконат  $\text{Cs}_{0.70}\text{ZrF}(\text{PO}_4)_{1.23} \cdot n\text{H}_2\text{O}$  на поверхности крупных кристаллов  $\text{CsHZrF}_3\text{PO}_4$ , SEM – изображение.

d, Å	Ютн.	d, Å	Ютн.	d, Å	Ютн.
8.9	84	3.62	75	2.53*	48
7.2*	24	3.55*	97	2.38	13
6.4	19	3.37*	32	2.18	20
5.75	24	3.21	45	2.15	20
5.60	29	3.15*	20	2.01*	28
5.25	44	3.03*	27	1.993	37
4.48	20	2.97*	100	1.945	25
4.13	16	2.87	32	1.940*	19
3.97	67	2.78	15	1.775	32
3.66*	56	2.60*	23		

Синтезированные кристаллы могут обладать полезными свойствами и требуют дальнейшего изучения.

Работа выполнена по проекту «Направленный синтез неорганических веществ с заданными свойствами и создание функциональных материалов на их основе» программы Президиума РАН «Разработка методов получения химических веществ и создание новых материалов».

#### Список литературы

1. Печковский В.В., Мельникова Р.Я., Дзюба Е.Д. и др. Атлас инфракрасных спектров фосфатов. Ортофосфаты. М.: Наука, 1981. 247 с.
2. Годнева М.М., Мотов Д.Л., Кузнецов В.Я. Фазообразование по разрезу системы  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 - \text{KF} - \text{H}_3\text{PO}_4 - \text{H}_2\text{O}$  при отношении  $\text{PO}_4^{3-}/\text{Zr} = 1.5-2.0$  // Ж. неорг. химии. 2008. Т. 53. № 10. С. 1770-1775.
3. Годнева М.М., Кузнецов В.Я., Мотов Д.Л. и др. Фазообразование в системе  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 - \text{H}_3\text{PO}_4 - \text{RbF} - \text{H}_2\text{O}$ . Разрез  $\text{PO}_4^{3-}/\text{Zr} = 0.5$  // Ж. неорг. химии. 2009. Т. 54. № 12. С. 2086-2090.
4. The Powder Diffraction File. Int. Centre for Diffraction Date.

## Влияние механоактивации нефелина на его реакционную способность в гидротермальных процессах: термодинамическое и экспериментальное моделирование

Калинкин А.М.<sup>1</sup>, Мазухина С.И.<sup>2</sup>, Калинкина Е.В.<sup>1</sup>, Гуревич Б.И.<sup>1</sup>, Тюкавкина В.В.<sup>1</sup>, Серова Е.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья КНЦ РАН

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

kalinkin@chemy.kolasc.net.ru, mazukhina@inep.ksc.ru

### Influence of mechanical activation of nepheline at its reactivity in hydrothermal processes: thermodynamic and experimental modeling

Kalinkin A.M., Mazukhina S.I., Kalinkina E.V., Gurevich B.I., Tyukavkina V.V., Serova E.S.

*Для оценки степени выщелачивания компонентов нефелина проведено термодинамическое моделирование взаимодействия нефелинового концентрата с водой при повышенных  $T$  и  $P$  с использованием программного комплекса «Селектор». Сопоставление результатов расчёта с экспериментальными данными для исходного и механоактивированного минерала позволяют сделать вывод об адекватности физико-химической модели изучаемой системе. По сравнению с исходным нефелином механоактивация позволяет более чем на порядок повысить реакционную способность минерала при взаимодействии с водой.*

*For evaluation of nepheline components leaching degree thermodynamic modeling of interaction between the nepheline concentrate and water at higher temperature and pressure was carried out using Program Complex «Selector». Comparison of the calculation results with experimental data allows concluding that the used physical-chemical model is adequate to the system under investigation. In comparison with the initial nepheline mechanical activation allows increasing the reactivity of the mineral during interaction with water for more than an order of magnitude.*

Современный уровень естественных наук диктует необходимость более широко использовать компьютерного моделирования и прогнозирования свойств сложных многокомпонентных и многофазных систем в широкой области параметров состояния. В геохимических исследованиях постановка и решение задач такого рода представляет особую трудность, учитывая многообразие протекающих в природе процессов, неравновесность систем. Благодаря усилиям иркутской школы геохимиков под руководством проф. И.К. Карпова в этом направлении достигнут существенный прогресс, позволяющий перейти от описательной характеристики геохимических и геоэкологических объектов к их моделированию на основе строгих методов химической термодинамики (программный комплекс (ПК) «Селектор» [3, 8]). Идеи и методы, заложенные в ПК «Селектор» с учётом специфики химической термодинамики природного минералообразования, ещё недостаточно используются в технологической минералогии, задачи которой принципиально не отличаются от чисто геохимических.

Цель данной работы – термодинамическое и экспериментальное моделирование взаимодействия нефелина с водой при повышенных температуре и давлении. Нефелин  $\text{Na}_3\text{K}[\text{AlSiO}_4]_4$  – один из основных минералов Хибинского щелочного массива и главный минеральный компонент хвостов апатито-нефелиновой флотации, которые в больших количествах складываются на территории Кировско-Апатитского р-на Мурманской обл. и неблагоприятно влияют на окружающую среду. Вопросам переработки нефелина как ценного источника щелочей и глинозёма уделяется большое внимание [2, 4]. Актуален поиск новых способов извлечения щелочных компонентов из нефелина, в т.ч. для их использования в составе вяжущих материалов. Одним из способов повышения реакционной способности минералов при технологической переработке является механоактивация [1, 5, 7, 10]. Для оценки степени выщелачивания компонентов нефелина предпринята попытка рассчитать составы растворов, реализующихся в системе нефелин – вода, в т.ч. в автоклавных условиях, и сопоставить их с результатами эксперимента для исходного и механоактивированного минерала.

**Экспериментальная часть.** В экспериментах использован нефелиновый концентрат производства ОАО «Апатит» (табл. 1). В качестве примесных минералов в концентрате присутствуют апатит, эгирин, титанит, титаномagnetит, микроклин и гидрослюда.

Таблица 1. Химический состав нефелинового концентрата (мас. %).

$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{FeO}$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{TiO}_2$
29.5	12.7	9.0	43.4	2.9	0.51	0.84	0.27	0.03	0.27

Механоактивацию концентрата проводили в центробежно-планетарной мельнице АГО-2 [1] при центробежном факторе 40 g в воздушной атмосфере. В качестве мелющих тел использовали стальные шары диаметром 8 мм. Соотношение массы шаров к массе загрузки 6:1. Удельную поверхность измеряли методом воздухопроницаемости. Дифрактограммы снимали с использованием дифрактометра ДРОН-2 ( $\text{CuK}_\alpha$ -излучение) при скорости съёмки  $0.5^\circ(2\theta)/\text{мин}$ . Эксперименты по взаимодействию концентрата с водой проводили в двух режимах: 1)  $t = 95^\circ\text{C}$ ,  $P = 1$  бар, 2)  $t = 150^\circ\text{C}$ ,  $P = 5$  бар. В первом случае опыты проводились в термостате в стеклянной колбе, снабжённой мешалкой с гидрозатвором. Во втором случае эксперименты выполнялись в автоклаве с использованием стального реакционного сосуда объёмом 50 мл, объём воды равнялся 40 мл. Соотношение нефелинового концентрата и воды составляло 1:10, 1:20 и 1:50. Продолжительность взаимодействия – 1 час. После взаимодействия и охлаждения смеси до комнатной температуры твёрдая фаза отделялась фильтрованием. Фильтрат после центрифугирования анализировался на щелочные металлы и Al атомно-эмиссионным методом, Si – колориметрически.

**Результаты и обсуждение.** На рис. 1 приведена зависимость удельной поверхности нефелинового концентрата от продолжительности механоактивации в планетарной мельнице. Наиболее эффективно диспергирование происходит в первые 200 с, затем скорость роста  $S_{уд}$  замедляется вследствие усиления агрегирования, причиной которого является переход вещества в состояние пластического течения [1, 7]. Именно он определяет начало интенсивного образования структурных дефектов, ответственного за активирование минерала. Скорость гетерогенных реакций при постоянной скорости массопереноса и температуре определяется удельной поверхностью и структурными нарушениями, уменьшающими энергию активации химического взаимодействия. Исходя из оптимального баланса между величиной удельной поверхности и степенью структурных нарушений минерала, с одной стороны, и энергозатратами, с другой, в качестве механоактивированного образца выбран нефелиновый концентрат после обработки в мельнице в течение 270 с.

Дифрактограммы исходного и механоактивированного нефелинового концентрата представлены на рис. 2. В результате механической обработки в планетарной мельнице рефлексы уширяются, их интенсивность снижается. Это свидетельствует о заметной аморфизации нефелина, что приводит к повышению его реакционной способности.

Физико-химическое моделирование взаимодействия нефелина с водой выполнено с помощью ПК «Селектор» методом минимизации потенциала Гиббса с ограничением по объёму [3, 8]. При этом использовался алгоритм расчёта необратимой эволюции геохимических систем, основанный на принципе частичного равновесия [9]. В данном случае в качестве независимой координаты взята доля прореагировавшего (растворившегося) нефелина ( $v$ ), т.е. степень протекания реакции в системе «водный раствор – минерал». При каждом значении этой координаты устанавливается химическое и фазовое равновесие между водным раствором и возможными новообразованными твёрдыми соединениями, термодинамические свойства которых включены в базу данных. Подробное описание модели применительно к системе нефелин–вода приведено в [6].

В табл. 2 и 3 для  $t = 150^\circ\text{C}$  и  $P = 5$  бар представлены вычисленные на основе физико-химического моделирования и экспериментальные составы жидких фаз, а также значения pH в системах исходный нефелин–вода и механоактивированный нефелин–вода, соответственно.

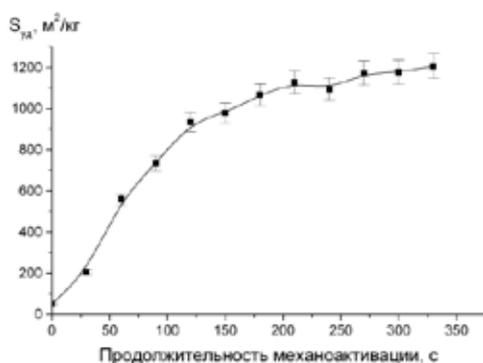


Рис. 1. Зависимость удельной поверхности нефелинового концентрата от продолжительности механоактивации в планетарной мельнице.

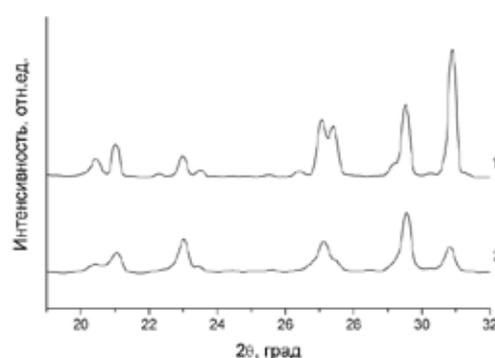


Рис. 2. Дифрактограммы нефелинового концентрата: 1 – исходный, 2 – после механоактивации в течение 270 с.

Расчётные данные отвечают определённым степеням взаимодействия нефелина с водой  $\xi = -\lg v$ , представленных в таблицах. Величины  $\xi$  задавались на основе экспериментальной степени вскрытия нефелина, определённой по доле перехода в раствор щелочных компонентов минерала. Согласно расчёту, растворение нефелина имеет инконгруэнтный характер с выпадением в твёрдую фазу небольших количеств гидратированных алюмосиликатов Na (анальцим, натролит). Для сравнения в табл. 4 для системы механоактивированный нефелин–вода приведены данные для  $t = 95^\circ\text{C}$  и  $P = 1$  бар.

Анализ табл. 2-4 позволяет заключить, что есть соответствие данных моделирования и эксперимента, как по концентрации элементов в растворе, так и по значениям pH. При этом необходимо иметь в виду, что анализ растворов проводился после охлаждения смеси до комнатной температуры, а расчёт относится к повышенной температуре и давлению. Как следует из табл. 2 и 3, механоактивация позволяет более чем на порядок повысить реакционную способность нефелина при взаимодействии с водой. Сопоставление табл. 3 и 4 говорит о том, что в автоклавных условиях при  $150^\circ\text{C}$  извлечение Na в раствор приблизительно в 1.5 больше, чем при выщелачивании при атмосферном давлении и  $95^\circ\text{C}$ .

Таблица 2. Расчётные и экспериментальные данные по составу жидкой фазы при взаимодействии нефелина с  $\text{H}_2\text{O}$  при  $t = 150^\circ\text{C}$  и  $P = 5$  бар.

Жидкая фаза C, мг/л	г:ж=1:10		г:ж=1:20		г:ж=1:50	
	эксп.	расч. $\xi=3.5$	эксп.	расч. $\xi=3.25$	эксп.	расч. $\xi=3.25$
Na	10	7.3	6.5	7.9	3.5	3.0
Al	5	5.7	5	6.2	5	2.4
Si	10	8.9	10	9.7	5	3.6
pH	8.0	7.7	7.9	7.7	7.8	7.3

Таблица 3. Расчётные и экспериментальные данные по составу жидкой фазы при взаимодействии механоактивированного нефелина с  $\text{H}_2\text{O}$  при  $t = 150^\circ\text{C}$  и  $P = 5$  бар.

Жидкая фаза C, мг/л	г:ж=1:10		г:ж=1:20		г:ж=1:50	
	эксп.	расч. $\xi=1.75$	эксп.	расч. $\xi=1.5$	эксп.	расч. $\xi=1.5$
Na	340	307	230	270	120	117
Al	85	51	85	46	60	28
Si	25	53	60	48	55	29
pH	9.1	9.6	9.1	9.6	9.1	9.2

Таблица 4. Расчётные и экспериментальные данные по составу жидкой фазы при взаимодействии механоактивированного нефелина с  $\text{H}_2\text{O}$  при  $t = 95^\circ\text{C}$  и  $P = 1$  бар.

Жидкая фаза C, мг/л	г:ж=1:10		г:ж=1:20		г:ж=1:50	
	эксп.	расч. $\xi=1.75$	эксп.	расч. $\xi=1.5$	эксп.	расч. $\xi=1.5$
Na	220	200	150	178	91	72
Al	50	28	58	26	59	14
Si	24	30	28	27	42	15
pH	10.5	10.1	10.5	10.1	10.6	9.7

В рамках рассмотренной модели можно проводить расчёт не только общей концентрации элементов, но и распределение по ионным формам в жидкой фазе. Это позволяет глубже понять природу ионных равновесий в растворе и закономерности формирования вторичных твёрдых фаз. Результаты позволяют сделать вывод об адекватности физико-химической модели изучаемой системе. Дальнейшие исследования должны быть направлены на поиск условий более глубокого разложения нефелина введением в систему других компонентов и варьированием T, P-параметров. Сочетание физико-химического моделирования с выборочным экспериментом является рациональным путём решения задачи.

#### Список литературы

1. Аввакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов. Н.: Наука, 1986. 305 с.
2. Калинин В.Т., Николаев А.И., Захаров В.И. Гидрометаллургическая комплексная переработка нетрадиционного титано-редкометалльного и алюмосиликатного сырья. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 1999. 225 с.

3. Карпов И.К. Физико-химическое моделирование на ЭВМ в геохимии. Н.: Наука, 1981. 247 с.
4. Лайнер А.И. Производство глинозема. М.: изд-во лит. по чёрн. и цветн. металлургии, 1961. 620 с.
5. Ломовский О.И. Механохимия в решении экологических задач. Н.: ГПНТБ СО РАН, 2006. 221 с.
6. Мазухина С.И., Сандимиров С.С. Применение физико-химического моделирования для решения экологических задач Кольского Севера. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2005. 106 с.
7. Хайнике Г. Трибохимия. М.: Мир, 1987. 582 с.
8. Чудненко К.В. Теория и программное обеспечение метода минимизации термодинамических потенциалов для решения геохимических задач. Автореферат дисс. уч. ст. д.г.-м.н. Иркутск, 2007. 54 с.
9. Barton P.B., Bethe P.M., Toulmin P. Equilibrium in ore deposits // Amer. Miner. Soc. Spec. Paper. 1963. V 1. P 171-185.
10. Juhasz A.Z., Opoczky L. Mechanical activation of minerals by grinding. Chichester: Wiley & Sons, 1990. 234 p.

### С-Н соотношение в карбонат-алмазобразующей системе

Каржавин В.К.

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

### C-H relation in the carbonate-diamond-forming system

Karzhavin V.K.

*Модельные исследования системы С-Н с переменными концентрациями С и Н<sub>2</sub> показали существование «концентрационного» барьера между полями СаСО<sub>3</sub>, графита и алмаза. Смена окислительных условий на восстановительные сопровождается увеличением содержаний Н<sub>2</sub>, СО, СО<sub>2</sub>, углеводородных газов и появлением алмаза. Это позволяет предположить, что отсутствие алмазов в трубках взрыва может быть вызвано повышенным содержанием Н<sub>2</sub>О и окислительными условиями.*

*Modeling research of the C-H system with varying concentrations of C and Н<sub>2</sub> revealed the presence of a «concentrating» barrier between СаСО<sub>3</sub>, graphite and diamond fields. The process of oxidizing properties changing into reducing ones is accompanied by Н<sub>2</sub>, СО, СО<sub>2</sub>, hydrocarbon gases content increasing and diamond occurring. This allows guessing that the absence of diamonds in explosion pipes may be caused by the increased content of Н<sub>2</sub>О and oxidizing properties.*

В предыдущем сообщении представлены результаты физико-химического моделирования условий образования алмаза в карбонат-силикатных породах. Вариации Т, Р и СО<sub>2</sub> в мультисистемах позволили установить, что образование алмаза осуществляется одновременно с кристаллизацией свободного углерода за счёт разложения карбонатов до СО<sub>2</sub> и СО [2]. Это подтвердило предположение [4] о том, что метастабильный синтез алмаза происходит при невысоких Т и Р в приповерхностных условиях по схеме: карбонат → СО<sub>2</sub> → СО → С → алмаз. Сделан вывод о том, что образование алмаза протекает при относительно невысоких величинах Т = 500-700 °С в восстановительных условиях. Но с ростом Р в системе для образования алмазов необходима более высокая концентрация углерода. В системе С-Н на процесс образования и существования алмазов оказывают влияние находящиеся в системе углеродсодержащие соединения и Н<sub>2</sub>О [1, 5]. Для проверки этого предположения состав карбонатитов Хибин откорректирован на содержание Н<sub>2</sub>О, в исходном составе (вектор b<sub>1</sub>) её содержание увеличено на 2 % (вектор b<sub>2</sub>) и 4 % (вектор b<sub>3</sub>). Варианты векторов b для мультисистем даны в табл. 1.

Мультисистемы содержали следующие независимые компоненты (элементы): Si-Ti-Al-Fe-Mg-Ca-Na-K-P-F-H-S-O-S. Расчётная матрица представлена 35 зависимыми компонентами (минералы и химические соединения). Во флюидной фазе присутствовали газообразные компоненты: Н<sub>2</sub>О, Н<sub>2</sub>, О<sub>2</sub>, СО, СО<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub>С, SO<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>, СН<sub>4</sub>, С<sub>2</sub>Н<sub>6</sub>. Расчёт моделей проводился методом минимизации свободной энергии Гиббса [3]. При этом предусмотрено соответствие используемых зависимых компонентов природным минеральным составам. Результаты расчёта минерального состава и флюида для Н = 2.5 моль/кг по обе стороны границы даны в табл. 2. Установлено существование «концентрационного» барьера между полями СаСО<sub>3</sub>, графита и алмаза для некоторых минералов и компонентов флюида: Н<sub>2</sub>, О<sub>2</sub>, СН<sub>4</sub>, С<sub>2</sub>Н<sub>6</sub>, SO<sub>2</sub>, S<sub>2</sub> (рис. 2). На графиках отмечено резкое изме-

нение парциальных давлений  $H_2$ ,  $H_2O$ ,  $O_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$  и содержания алмаза в р-не барьера. Смена окислительных условий (карбонатная область, рис. 1) на восстановительные сопровождается увеличением содержаний  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ , углеводородных газов и появлением алмаза. Результаты исследования позволяют предположить, что причиной отсутствия алмазов в трубках взрыва может быть повышенное содержание  $H_2O$  и окислительные условия среды.

Таблица 1. Элементарный состав независимых компонентов векторов  $b$ .

Состав	Данные анализа	$H_2O = + 2 \%$	$H_2O = + 4 \%$		Данные векторов $b$ (независимые компоненты)					
					масс.%			моль/кг		
					1	2	3	$b_1$	$b_2$	$b_3$
$SiO_2$	40.00	39.4128	38.6510	Si	6.69143	6.5596	6.4328			
$TiO_2$	1.11	1.0937	1.0726	Ti	0.13969	0.1369	0.1343			
$Al_2O_3$	15.31	15.0852	14.7937	Al	3.01849	2.959	2.9018			
$Fe_2O_3$	2.64	2.6012	2.5510	Fe	SFe	SFe	SFe			
$FeO$	7.21	7.1041	6.9669	Fe	1.34105	1.3146	1.3231			
$MgO$	3.67	3.6161	3.5462	Mg	0.91524	0.8972	0.8799			
$CaO$	8.93	8.7989	8.6289	Ca	1.60061	1.5691	1.5387			
$Na_2O$	6.00	6.9119	5.7977	Na	1.94608	1.9077	1.8709			
$K_2O$	4.40	4.3354	4.2516	K	0.93902	0.9205	0.9037			
$H_2O$	0.10	2.0692	3.9617	H	0.11157	2.2972	4.3982			
$P_2O_5$	0.80	0.7883	0.7730	P	0.1133	0.1111	0.1089			
$CO_2$	5.83	5.7444	5.6334	C	1.3315	1.3053	1.2800			
$SO_2$	2.49	2.4534	2.4060	S	0.39068	0.383	0.3756			
F	1.00	0.9853	0.9663	F	0.52904	0.5186	0.5085			
O				O	27.43901	27.9923	28.5582			
$\Sigma$	99.49	100	100							

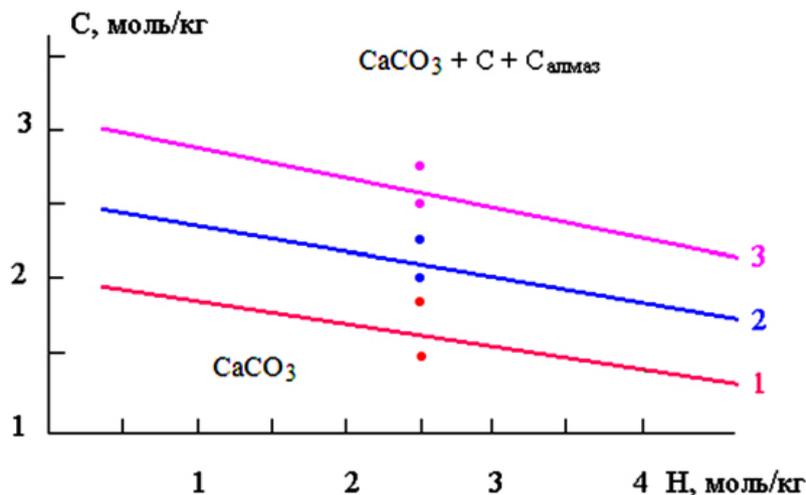


Рис. 1. Роль концентраций  $C$  и  $H_2O$  в существовании карбонатов, графита и алмаза в системе  $C-H$ . 1 – исходный состав, 2 – исходный состав +  $2H_2O$ , 3 – исходный состав +  $4H_2O$ .

- 1)  $MgCO_3 = MgO + CO_2$ , 2)  $CaMg(CO_3)_2 = MgO + CaCO_3 + CO_2$ ,
- 3)  $CaMg(CO_3)_2 = CaO + MgO + 2CO_2$ , 4)  $CaCO_3 = CaO + CO_2$ .

Модельные исследования при более высоких  $P$  (5 и 10 кбар) не оказали заметного влияния на поля существования  $CaCO_3$ , графита и алмаза.

Физико-химическое моделирование проводилось при  $T = 500 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $P = 1$  кбар. В мультисистемы вводились переменные концентрации  $C$  и  $H_2$ , отличные от исходных (табл. 1). Это позволило установить поля существования карбонатов, графита и алмаза (рис. 1). Прослеживается чёткое изменение их полей существования в зависимости от концентрации  $C$  и  $H_2O$ .

Содержания  $Ca$  и  $Mg$  в системе отличаются незначительно (табл. 1), а отсутствие  $MgCO_3$  объясняется его меньшей устойчивостью при высоких  $T$  (рис. 3):

Таблица 2. Расчёт минерального состава породы (масс. %) и флюида в зависимости от концентрации С в системе С-Н при Н = 2.5 моль/кг.

	b <sub>1</sub>		b <sub>2</sub>		b <sub>3</sub>	
С= моль/кг	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7
Углерод	-	0.177	-	0.115	-	0.135
Алмаз	-	0.081	-	0.053	-	0.062
CaCO <sub>3</sub>	2.18	3.14	3.58	3.57	3.57	3.56
MgCO <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-
Магнетит	1.65	-	1.65	-	1.20	-
Альбит	10.48	11.44	11.92	11.90	11.86	11.83
Анортит	24.46	23.78	23.57	23.52	23.49	23.44
Энстатит	9.53	9.48	9.49	9.47	9.46	9.45
Аннит	12.71	14.93	10.70	14.32	12.27	14.89
Эпирин (акм)	-	-	сл.	-	сл.	-
Микроклин	20.21	18.85	21.19	19.17	20.28	18.80
Рутил	-	-	-	сл.	-	сл.
Ильменит	0.48	1.66	2.19	2.19	2.18	2.18
Сфен	2.22	0.68	-	сл.	-	-
Пирротин	3.53	3.51	3.52	3.51	3.51	3.50
Апатит F	1.98	1.97	1.97	1.96	1.96	1.95
Флюорит	1.99	1.98	1.98	1.98	1.98	1.97
Сода Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	8.58	8.33	8.25	8.23	8.23	8.21
Газ: парциальное давление – P <sub>i</sub> / фугитивность - f <sub>i</sub>						
H <sub>2</sub>	5.1e-01	3.1e-00	5.1e-01	2.0e-00	5.1e-01	1.5e-00
	6.7e-01	4.1e-00	6.7e-01	2.6e-00	6.7e-01	1.9e-00
H <sub>2</sub> O	6.6e+02	6.3e+02	5.3e+02	4.9e+02	4.1e+02	3.9e+02
	3.0e+02	2.9e+02	3.9e+02	2.2e+02	1.9e+02	1.8e+02
H <sub>2</sub> S	2.4e-00	2.3e-00	1.8e-00	1.6e-00	1.3e-00	1.2e-00
	2.4e-00	2.2e-00	1.7e-00	1.6e-00	1.2e-00	1.1e-00
O <sub>2</sub>	3.1e-23	7.5e-25	2.0e-23	1.1e-24	1.2e-23	2.3e-24
	4.0e-23	9.8e-25	2.6e-23	1.4e-24	1.6e-23	1.7e-24
SO <sub>2</sub>	2.3e-05	8.6e-08	1.1e-05	3.8e-07	4.9e-06	1.7e-07
	2.1e-05	7.9e-08	1.0e-05	1.3e-07	4.4e-06	1.5e-07
CO	1.2e-01	7.8e-01	2.1e-01	9.4e-01	3.3e-01	1.0e-00
	1.7e-01	1.1e-00	3.0e-01	3.8e-00	4.8e-01	1.5e-00
CO <sub>2</sub>	3.4e+02	3.5e+02	4.7e+02	5.0e+02	5.8e+02	6.0e+02
	3.9e+02	4.0e+02	5.5e+02	5.8e+02	6.8e+02	7.0e+02
CH <sub>4</sub>	1.2e-02	1.9e+01	2.7e-02	8.0e-00	5.4e-02	4.2e-00
	1.7e-02	2.7e+01	3.8e-02	1.1e+01	7.6e-02	6.0e-00
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	4.9e-09	2.0e-03	2.3e-08	5.3e-04	2.6e-08	2.1e-04
	6.8e-09	2.7e-03	3.2e-08	7.3e-04	1.3e-07	2.8e-04
S <sub>2</sub>	1.3e-06	3.1e-08	7.3e-07	3.8e-08	3.8e-07	4.0e-08
	1.6e-06	3.8e-08	9.0e-07	4.7e-08	4.7e-07	4.8e-08
SV <sub>общ.</sub> , см <sup>3</sup>	377.2	371.1	408.53	411.4	442.4	444.7
V <sub>газ</sub> , см <sup>3</sup>	74.40	72.80	108.23	110.40	147.40	148.90
Основной флюид	CO <sub>2</sub> (55.2) ≈ H <sub>2</sub> O (44.5)	CO <sub>2</sub> (56.5) ≈ H <sub>2</sub> O (42.0)	CO <sub>2</sub> (68.2) > H <sub>2</sub> O (31.6)	CO <sub>2</sub> (71.1) > H <sub>2</sub> O (28.3)	CO <sub>2</sub> (73.0) > H <sub>2</sub> O (22.5)	CO <sub>2</sub> (78.7) > H <sub>2</sub> O (20.8)

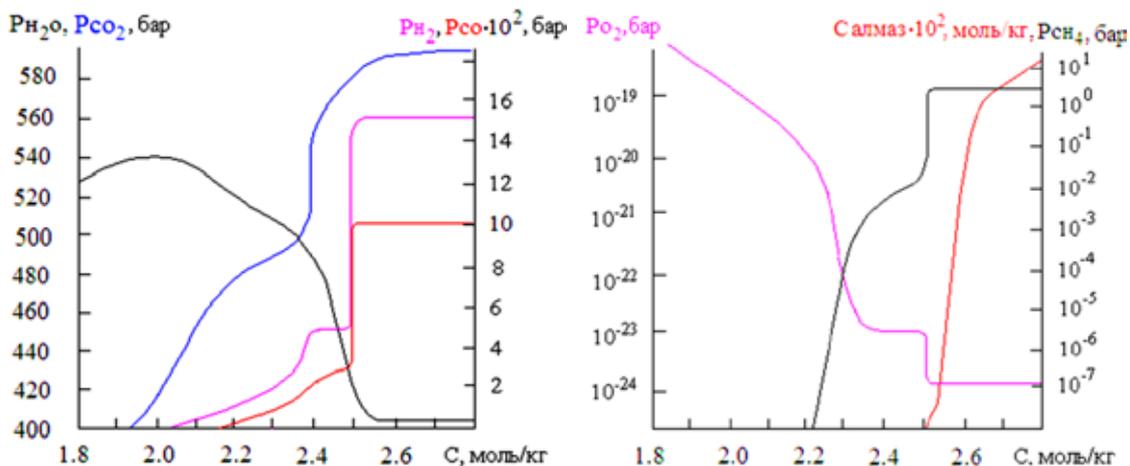


Рис. 2. Поведение  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $O_2$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_6$  и алмаза в р-не «концентрационного» барьера. Исходный состав +  $4H_2O$ ,  $T = 500^\circ C$ ,  $P = 1000$  бар.

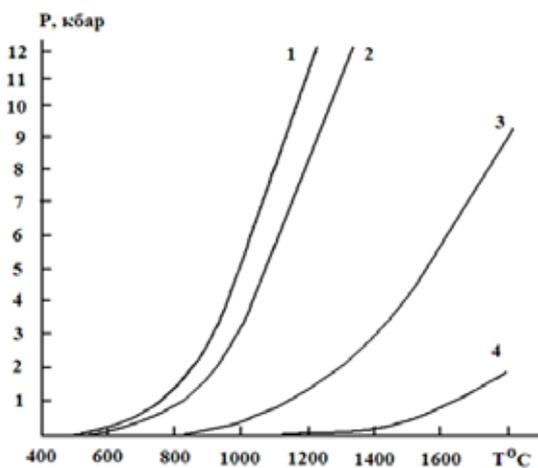


Рис. 3. Кривые разложения карбонатов в зависимости от давления и температуры.

### Список литературы

1. Каржавин В.К. Карбонат-силикатные породы как источник алмазообразования в Хибинах // Тр. VI Всерос. Ферсмановской науч. сессии. Апатиты, 18-19 мая 2009. Апатиты: изд-во К & М, 2009. С. 168-175.
2. Петров В.С. Генетическая связь алмазов с карбонатами кимберлитов // Вестник МГУ. Сер. геол. 1959. № 2. С. 13-20.
3. Дигонский С.В., Тен В.В. Неизвестный водород. СПб.: Наука, 2006. 292 с.
4. Руденко А.П., Кулакова И.И., Скворцова В.Л. Химический синтез алмаза. Аспекты общей теории // Успехи химии. 1993. Т. 62. № 2. С. 99-117.
5. Карпов И.К., Киселёв А.И., Летников Ф.А. Моделирование природного минералообразования на ЭВМ. М.: Недра, 1976. 256 с.

### Реакционная способность Co-Ni тиошпинелей

Кшуманёва Е.С.<sup>1</sup>, Касиков А.Г.<sup>1</sup>, Усачёва Т.Т.<sup>1</sup>, Нерадовский Ю.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья КНЦ РАН, Апатиты

<sup>2</sup>Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, kshum\_es@chemy.kolasc.net.ru

### Reaction capability of Co-Ni tiospinels

Kshumanyova E.S., Kasikov A.G., Usachyova T.T., Neradovsky Yu.N.

Методом термического анализа изучен процесс окисления концентратов зигенита  $(Co,Ni)_3S_4$  и линнеита  $Co_3S_4$  кислородом воздуха при  $T = 20-900^\circ C$ . Co-пентландит в составе концентратов (~ 5 %) окисляется до тиошпинели и оксида кобальта (II) при  $200-210^\circ C$  (размер частиц – 1-12 мкм) и  $156^\circ C$  (< 1 мкм). Окисление  $(Co,Ni)_3S_4$  с образованием сульфатов Co и Ni происходит при  $390^\circ C$ , окисление  $Co_3S_4$  с образованием сульфата кобальта – при  $400^\circ C$ . Разложение  $NiSO_4$  и  $CoSO_4$  с переходом  $\alpha-CoSO_4$  в  $\beta-CoSO_4$  через образование монооксидов металлов и оксида кобальта (II, III) до  $NiO$  и  $CoO$  происходит при  $870$  и  $860^\circ C$ . Изучено окисление концентратов в атмосферных условиях при  $12-15^\circ C$  с образованием кристаллогидратов  $MeSO_4 \cdot 6-7H_2O$ .

Using the thermal analysis, the process of zigenite  $(Co,Ni)_3S_4$  and linneite  $Co_3S_4$  concentrates oxidation by the air oxygen with  $T = 20-900^\circ C$  was studied. Co-pentlandite in the concentrates (~ 5 %) oxidizes to a tiospinel

and Co (II) oxide with  $T = 200-210$  °C (size of particles is 1-12 mkm) and 156 °C (< 1 mkm).  $(\text{Co,Ni})_3\text{S}_4$  oxidizes to the Co and Ni sulphates with  $T=390$  °C.  $\text{Co}_3\text{S}_4$  oxidizes to the Co sulphate with  $T=400$  °C.  $\text{NiSO}_4$  and  $\text{CoSO}_4$  part as temperature reaches 870 and 860 °C, with  $\alpha\text{-CoSO}_4$  transferring into  $\beta\text{-CoSO}_4$  via metals monoxides and Co (II, III) oxide transferring into NiO u CoO. Studied is the oxidation of the concentrates in the atmosphere with  $T = 12-15$  °C and a production of crystal hydrates  $\text{MeSO}_4 \cdot 6-7\text{H}_2\text{O}$ .

Линнеит  $\text{Co}_3\text{S}_4$  и зигенит  $(\text{Co,Ni})_3\text{S}_4$  – сульфиды переходных металлов группы линнеита – относятся к тиошпинелям с плотной кубической решёткой, в тетра- и октаэдрических позициях которой размещаются 2- и 3-зарядные катионы [2]. Большая часть публикаций о халькогенидах  $\text{AB}_2\text{X}_4$  (A и B – металлы, X – S, Se, Te) со структурой шпинели посвящена образованию сульфидных руд в природе [24] и выращиванию монокристаллов, которые используют для определения структурных параметров и/или физических свойств. Сотни синтезированных халькогенидных шпинелей с уникальными полупроводниковыми и магнитными свойствами используются при создании электронных приборов и компьютерных систем [1, 4, 18]. Интересны работы по замене Pt катализаторов электрохимического восстановления кислорода в топливных ячейках на катализаторы на основе Co, Fe и халькогенидов переходных металлов [17]. С этой целью более 30 лет назад при 300-650 °C синтезирован линнеит [11], недавно – Co-пентландит [22] с потенциалом открытой цепи 0.8 и 0.74 В. Известно [23] использование зигенита при изготовлении электродов, дающих более высокую плотность тока по сравнению с традиционными. Синтез линнеита и зигенита осуществляют различными способами: сплавлением чистых порошков металлов и серы [8], гидротермальным синтезом [24], синтезом Co-пентландита с последующим получением тиошпинели [25] и др. [15].

Природные тиошпинели  $\text{Me}_3\text{S}_4$  (Me – Ni, Cu, Co, Fe) имеют большое значение в металлургии. Так, линнеит  $\text{Co}_3\text{S}_4$  и карролит  $\text{CuCo}_2\text{S}_4$  – основные Co минералы Cu-Co руд Медного пояса в Ц. Африке [19, 20]; полидимит  $\text{Ni}_3\text{S}_4$  и виоларит  $\text{FeNi}_2\text{S}_4$  встречаются в Ni и Cu-Ni рудах. В некоторых месторождениях Австралии виоларит является основным Ni-содержащим минералом, что существенно ухудшает показатели флотации при обогащении [14, 21]. Грейгит  $\text{Fe}_3\text{S}_4$  обнаружен в озёрных отложениях. В природе существуют непрерывные ряды твёрдых растворов  $\text{CuCo}_2\text{S}_4$  –  $\text{Co}_3\text{S}_4$ ,  $\text{Co}_3\text{S}_4$  –  $\text{Ni}_3\text{S}_4$  и  $\text{Ni}_3\text{S}_4$  –  $\text{FeNi}_2\text{S}_4$  [2]. При конвертировании штейнов и обеднении конвертерных шлаков ради максимального извлечения Co при формировании фанштейна, основной Ni фазой которого является хизлевудит  $\text{Ni}_3\text{S}_2$ , часть Co образует собственные фазы в виде Co-пентландита  $\text{Co}_9\text{S}_8$  и Co-тиошпинели  $\text{Co}_3\text{S}_4$ . Чем выше содержание S и Fe в фанштейне, тем большая доля присутствующего в фанштейне Co находится в виде этих соединений [9, 12]. Развитие гидрометаллургического направления, в частности, гидрохлоридных схем переработки штейнов и фанштейнов, требует изучения фазовых составляющих [6].

Цель данного исследования – изучение условий образования названных соединений, прогноз их поведения в пиро- и гидрометаллургических процессах производства Ni и Co при переработке сульфидного сырья и утилизации отходов. Объектом исследования были остатки синтеза карбонилирования Ni (OC), в фазовом составе которых Co представлен Co-пентландитом (20 мас. %) состава  $\text{Co}_{5.3}\text{Fe}_{2.43}\text{Cu}_{1.37}\text{Ni}_{0.95}\text{S}_8\text{As}_{0.06}$  [5]. При гидрохлоридной переработке OC, в зависи-

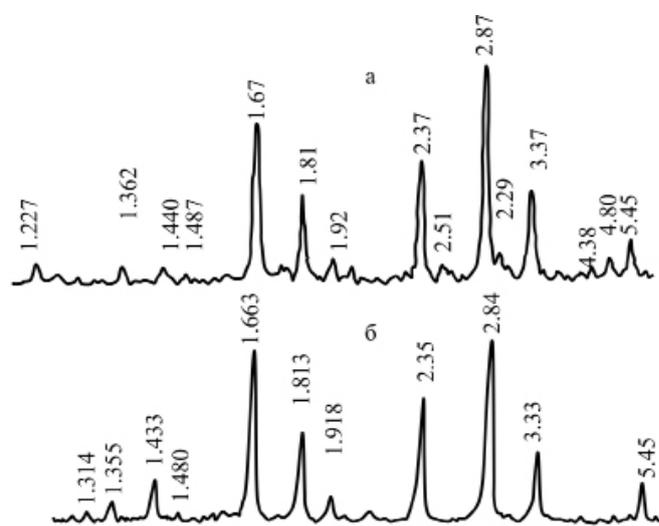


Рис. 1. Дифрактограмма зигенита  $\text{Co}_2\text{NiS}_4$  (а) и  $\text{Co}_3\text{S}_4$  (б).

мости от условий, Co остаётся в продуктах выщелачивания в виде тонкодисперсных зигенита  $\text{Co}_2\text{NiS}_4$  и линнеита  $\text{Co}_3\text{S}_4$ . Результаты рентгенофазового анализа (ДРОН-2, излучение Cu) даны на рис. 1. Все отмеченные рефлексы принадлежат линнеиту и зигениту. Содержание примесей: неразложившегося Co-пентландита – 5 %, упорных ферритов, оксидов и силикатов с Fe, Ni, Co и Cu – 15 %. Вследствие гигроскопичности и быстрого окисления с образованием сульфатов, образцы содержали до 5 % кристаллогидратов сульфата кобальта  $\text{CoSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  ( $n = 1-4$ ). По данным химического анализа, исходные концентраты содержали (%): Co 27.8, Ni 15.1, Fe 2.4, Cu 1.8 и Co 38.3, Ni 3.3, Fe 1.0, Cu 1.1,

соответственно. Данные минералогического и фракционного анализа характерного размера частиц концентрата  $(\text{Co,Ni})_3\text{S}_4$  даны на рис. 2 и в табл. Размер частиц концентрата  $\text{Co}_3\text{S}_4$  на 80 мас. % < 1 мкм.

Установлено, что тиошпинели  $\text{Co}_3\text{S}_4$  и  $(\text{Co,Ni})_3\text{S}_4$  не разлагаются при  $T < 100^\circ\text{C}$  в разбавленных и концентрированных хлороводородной и серной кислотах, растворах сульфатов и хлоридов  $\text{Cu}$  (I, II),  $\text{Fe}$  (III), а также гидроксида  $\text{Na}$  [7]. Известен автоклавный сульфатный процесс ( $T = 230^\circ\text{C}$ ,  $P$  газа 4500 кПа), использовавшийся на заводе Fredericktown, Миссури, США, для переработки концентрата, основным  $\text{Co}$ -содержащим минералом которого был зигенит. Условия позволяли извлекать  $\text{Co}$  на 95 % [10].

Таблица. Распределение размеров частиц  $\text{Co}_2\text{NiS}_4$ .

$D_{\text{частиц}}$ , мкм	22.3-34.5	10.8-22.3	5.2-10.8	2.2-5.2	0.9-2.2	$\Sigma$ 1-12
Содержание, мас. %	4	24.8	40.4	26.9	3.6	75.2

В работе представлены результаты исследования термического окисления  $\text{Co}_3\text{S}_4$  и  $(\text{Co,Ni})_3\text{S}_4$  кислородом воздуха при  $20\text{-}900^\circ\text{C}$  (дериватограф Паулик-Паулик-Эрдеи, кварцевые тигли) при хранении в атмосферных условиях и перколяционном выщелачивании. По результатам ДТА (рис. 3) и РФА (рис. 4), в интервале  $60\text{-}130^\circ\text{C}$  наблюдается ряд слабых эндоэффектов, связанных с удалением адсорбированной воды и разложением свежобразованных кристаллогидратов. Окисление незначительного количества не прореагировавшего  $\text{Co}$ -пентландита (5 %) происходит при  $200\text{-}210$  и  $156^\circ\text{C}$  в образцах с  $\text{Co}_2\text{NiS}_4$  (а) и  $\text{Co}_3\text{S}_4$  (б), по реакции  $\text{Co}_9\text{S}_8 + 1/5\text{O}_2 = 2\text{Co}_3\text{S}_4 + 3\text{CoO}$ , что согласуется с [24]. Окисление зигенита и линнеита происходит в интервале  $360\text{-}480^\circ\text{C}$  с увеличением массы образца на 26.4 и 24.5 % по реакции  $\text{Me}_3\text{S}_4 + 7\text{O}_2 = 3\text{MeSO}_4 + \text{SO}_2$ , где  $\text{Me} = \text{Co}, \text{Ni}$ . Тиошпинели окисляются без образования промежуточных фаз до сульфата  $\text{Co}$ . При  $390$  и  $400^\circ\text{C}$  образуются  $\alpha\text{-CoSO}_4$  и  $\beta\text{-CoSO}_4$ . Эндоэффекты при  $540$  и  $560^\circ\text{C}$  соответствуют переходу одной формы в другую. При температуре  $610^\circ\text{C}$  происходит разложение сульфатов  $\text{Co}$  по реакции  $\text{CoSO}_4 = \text{CoO} + \text{SO}_2 + 1/2\text{O}_2$ , выше  $770^\circ\text{C}$  – образование  $\text{Co}_3\text{O}_4$  по реакции  $3\text{CoO} + 0.5\text{O}_2 = \text{Co}_3\text{O}_4$ . При  $860\text{-}870^\circ\text{C}$  фаза  $\text{Co}_3\text{O}_4$  разлагается с образованием  $\text{CoO}$ .

Результаты ДТА зигенита и линнеита аналогичны. Интерпретация эффектов, связанных с разложением сульфатов и оксидов  $\text{Co}$  и  $\text{Ni}$ , а также превращением их сульфатных форм при использовании только данных РФА представляет трудности, связанные с их наложением.

Разложение  $\text{CoSO}_4$  может происходить до  $\text{CoO}$  без образования  $\text{Co}_3\text{O}_4$  при термическом разложении тонких пленок линнеита и зависит от  $P$  кислорода/воздуха и выделяющегося  $\text{SO}_2$ . Как показано выше, термическое окисление зигенита  $\text{Co}_2\text{NiS}_4$  и линнеита  $\text{Co}_3\text{S}_4$  кислородом воздуха начинается при  $T \geq 350^\circ\text{C}$ . При хранении образцов в течение длительного времени (100 дней) в атмосфере сухого воздуха при температуре  $100^\circ\text{C}$  их фазовый состав и масса не изменялись. Но первое соприкосновение с влажным воздухом при температуре  $12\text{-}25^\circ\text{C}$  приводит к быстрому образованию сульфатов в течение первых дней хранения, что подтверждается результатами РФА. Окисление сульфидов в атмосферных условиях под действием воды и кислорода воздуха – выветривание – известен с древних времён и использовался при получении  $\text{Cu}$ . Есть ряд механизмов окисления, детально изученных на пирите: цепной механизм, «гидроксил-радикальный» с образованием пероксида водорода, электрохимический и др. [13]

Для изучения степени окисления тиошпинелей с течением времени навески образцов зигенита  $\text{Co}_2\text{NiS}_4$  и линнеита  $\text{Co}_3\text{S}_4$ , полученных при гидрохлорировании ОС в системе  $\text{Cu}^{2+}/\text{Fe}^{3+}\text{-Cl-Cl}_2$  в интервале ОВП 0.4-0.6 В, помещали в фарфоровые чашки, которые накрывали фильтрами, чтобы исключить попадание инородных частиц, и выдерживали при температуре  $12\text{-}15^\circ\text{C}$ . По истечении заданного времени образец выщелачивали водой при температуре  $95^\circ\text{C}$  в течение 2 часов, пульпу фильтровали, раствор анализировали на содержание ценных компонентов, сер-

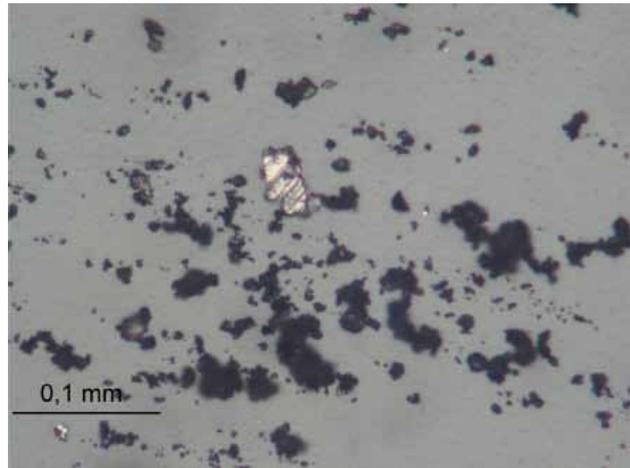


Рис. 2. Образец  $\text{Co}_2\text{NiS}_4$  на стекле. Крупные зёрна со ступенчатой скульптурой, предположительно рёберные октаэдры.

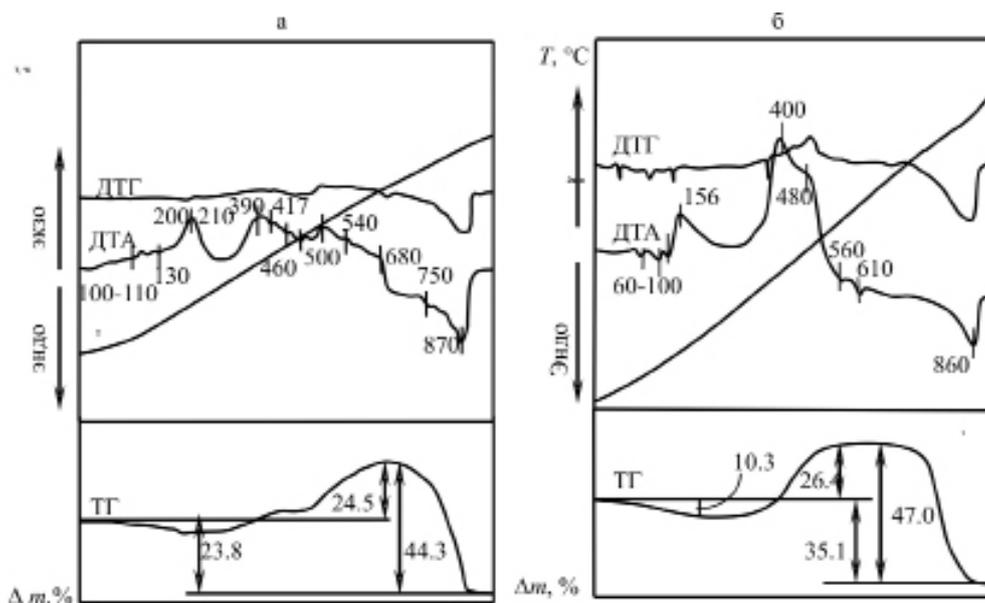


Рис. 3. ДТА окисления  $\text{Co}_2\text{NiS}_4$  (а) и  $\text{Co}_3\text{S}_4$  (б) в атмосфере воздуха.

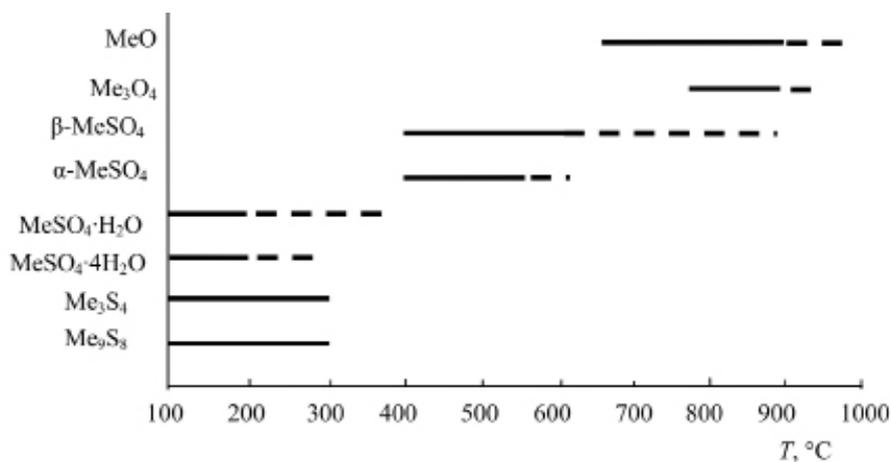


Рис. 4. Фазы, идентифицированные РФА при окислении тиоарсенидов в зависимости от  $T$ . — экспериментальные, - - - литературные данные [16].

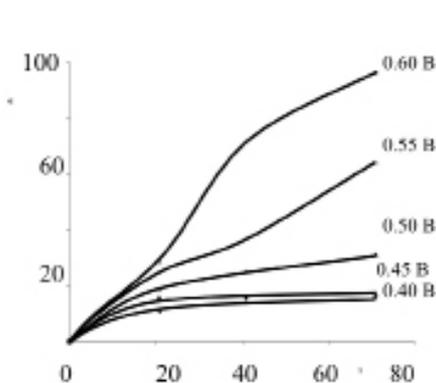


Рис. 5. Влияние продолжительности хранения ( $\tau$ , дни) образцов  $\text{Co-Ni}$  концентрата при  $T = 12-15^\circ\text{C}$  на степень окисления сульфидных минералов ( $\alpha$ , %).

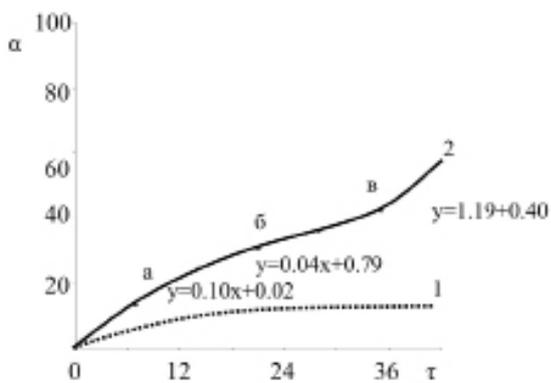


Рис. 6. Зависимость степени окисления  $\text{Co}$  ( $\alpha$ , %) при перколяционном выщелачивании концентрата  $\text{Co-Ni}$  тиоарсенидов, полученной при выщелачивании в системе  $\text{CuCl}_2/\text{FeCl}_3\text{-Cl-Cl}_2$  при 0.4 В: 1 – без орошения, 2 – с орошением образца один раз в день раствором 0.2 моль/л  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в течение 27 дней и один раз в 7 дней в последующий период ( $\tau$ , дни).

ной кислоты и сульфат-иона. Степень окисления сульфидных минералов рассчитывали по содержанию кобальта в растворах выщелачивания. Твёрдый остаток сушили и анализировали.

Результаты экспериментов (рис. 5) показали, что наиболее подвержен окислению образец, полученный при ОВП 0.6 В. Из данных РФА следует, что его состав после хранения в течение 41 дня представлен двумя фазами кристаллогидратов сульфата кобальта:  $\text{CoSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Химический анализ растворов после водного выщелачивания окисленных образцов свидетельствует о наличии в них серной кислоты. Процесс может быть представлен уравнением  $\text{Co}_3\text{S}_4 + \text{H}_2\text{O} + 7.5\text{O}_2 = 3\text{CoSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ . Использование перколяционного выщелачивания с просачиванием раствора 0.2 моль/л  $\text{H}_2\text{SO}_4$  через слой твёрдого материала позволило существенно увеличить скорость окисления зигенита (рис. 6).

Выбор условий с максимальной скоростью окисления требует уточнения, поскольку поддержание материала во влажном состоянии постепенно снижает скорость окисления сульфидов. Вероятно, покрывающая их плёнка воды снижает доступ кислорода к поверхности (рис. 6, линия 2 – участки а и б), а периодическое выщелачивание сульфидов металлов (рис. 6, линия 2 – участок в) по сравнению с описанным хранением в комнатных условиях (рис. 6, линия 1) позволяет удалять кристаллогидраты сульфатов металлов, которые также ограничивают доступ кислорода и воды к поверхности сульфида. Как показано в [3], изменение реакционной способности тиошпинелей в процессах окисления кислородом воздуха при хранении в атмосферных условиях связано не с изменением её состава, а с образованием при гидрохлоридной обработке ОС субмикронных частиц (< 1 мкм) и увеличением присутствующих границам зёрен дефектов структуры.

#### Список литературы

1. Белов К.П., Третьяков Ю.Д., Гордеев И.В. и др. Магнитные полупроводники – халькогенидные тиошпинели. М.: изд-во МГУ, 1981. 279 с.
2. Воган Д., Крейт Дж. Химия сульфидных минералов. М.: Мир, 1981. 575 с.
3. Дудкин О.Б., Нерадовский Ю.Н., Касиков А.Г. и др. Образование и поведение тонких техногенных частиц в атмосферных условиях // Матер. Всерос. науч. конф. «Научные основы химии и технологии переработки комплексного сырья и синтеза на его основе функциональных материалов». Ч. 1. Апатиты, 8-11 апр. 2008. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 63-66.
4. Калинин В.Т., Аминов Т.Г., Новотворцев В.М. Физикохимия магнитного полупроводника  $\text{CdCr}_2\text{S}_4$  // Неорг. материалы. 2003. Т. 39. № 10. С. 1159-1176.
5. Касиков А.Г., Кшуманева Е.С., Нерадовский Ю.Н. Исследование фазового состава остатков синтеза карбонильного никеля и продуктов их переработки // Минералогия во всем пространстве сего слова. Тр. II Ферсмановской научн. сессии. Апатиты: изд-во К & М, 2005. С. 155.
6. Кшуманева Е.С., Касиков А.Г., Нерадовский Ю.Н. Сравнительный анализ поведения пентландита и Со-пентландита в хлоридных средах // Геология и минерагения Кольского региона. Тр. Всерос. науч. конф. и IV Ферсмановской науч. сессии, посв. 90-летию со дня рожд. акад. А.В. Сидоренко и д.г.-м.н. И.В. Белькова. Апатиты, 4-6 июня 2007. Апатиты: изд-во К & М, 2007. С. 299-303.
7. Кшуманёва Е.С., Касиков А.Г., Нерадовский Ю.Н. и др. Поведение халькозина при выщелачивании остатков синтеза карбонилирования никеля растворами хлорида меди (II) // Матер. Всерос. науч. конф. «Научные основы химии и технологии переработки комплексного сырья и синтеза на его основе функциональных материалов». Ч. 1. Апатиты, 8-11 апр. 2008. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 110-113.
8. Лотгеринг Ф.К. О ферримagnetизме некоторых сульфидов и окислов // Успехи физ. наук. 1958. Т. 66. № 2. С. 247-300.
9. Набойченко С.С., Харитиди Э.З., Клейн С.Э. Переработка кобальтовых штейнов с использованием автоклавного выщелачивания // Цветные металлы. 1981. № 10. С. 54-56.
10. Резник И.Д., Соболев С.И., Худяков В.М. Кобальт. Т. 2. М.: Машиностроение, 1995. 608 с.
11. Behret H., Binder H., Sandstede G. Electrocatalytic oxygen reduction with thiospinels and other sulphides of transition metals // Electrochim. Acta. 1975. V 20. P 111-117.
12. Салтыкова С.Н. Снижение потерь кобальта при пирометаллургической переработке сульфидных медно-никелевых руд. Автореф. дис. уч. ст. канд. тех. наук. СПб. 2005. 20 с.
13. Чернышова И.В. Механизм окисления пирита в водных растворах. Исследование in situ методом ИК-Фурье-спектроскопии // Электрохимия. 2004. Т. 40. № 1. С. 81-90.
14. Chanturiya V., Makarov V., Forsling W. et al. The effect of crystallochemical peculiarities of nickel sulphide minerals on flotation of copper-nickel ore // Int. J. Mineral Processing. 2004. V 74. N 1-4. P 289-301.
15. Fedorov V.A., Kesler Ya.A., Zhukov E.G. Magnetic semiconducting chalcogenide spinels: preparation and physical chemistry // Inorganic Materials. 2003. V 39. Suppl. 2. P 68-88.
16. Espelund A.W., Flengas S.N. Thermodynamic investigation of the reaction:  $\text{CoSO}_{4(\text{тв})} \leftrightarrow \text{CoO}_{(\text{тв})} + \text{SO}_{3(\text{г})}$  by electromotive force measurements // Canad. J. Chem. 1971. V 49. P 1545-1549.

17. Feng Y., Alonso-Vante N. Nonprecious metal catalysts for molecular oxygen-reduction reaction // *Physica status solidi*. 2008. V 245. N 9. P 1792-1806.
18. Miyazaki S., Shirai M., Suzuki N. Electronic band structure of antiferromagnetic spinel  $\text{Co}_3\text{S}_4$  // *J. Magnetism and Magnetic Materials*. 1998. V 177-181. P 1367-1368.
19. Peek E., Akre T., Asselin E. Technical and business considerations of cobalt hydrometallurgy // *JOM*. 2009. V 61. N 10. P 43-53.
20. Peterson U.T., Ingri J. The geochemistry of Co and Cu in the Kafue River as it drains the Copperbelt mining area, Zambia // *Chem. Geol.* 2001. V 177. P 399-414.
21. Pring A., Tenailleau C., Etschmann B. et al. The transformation of pentlandite to violarite under mild hydrothermal conditions: a dissolution-reprecipitation reaction // Roach I.C., Ed. *Regolith 2005 – Ten Years of CRC LEME*. 2005. P 252-255.
22. Sidik P.A., Anderson A.B.  $\text{Co}_9\text{S}_8$  as catalyst for electroreduction of  $\text{O}_2$ : quantum chemistry predictions // *J. Phys. Chem.* 2006. A 110. P 936-941.
23. Method of catalyzing the evolution of gaseous hydrogen. US Patent 4279712 / Satoh H., Kosaka S. Chlorine Engineers Corp, Ltd. Appl. Feb. 4, 1980. Ser. № 117930. Patented July 21, 1981.
24. Wagner T., Cook N.G. Carrolite and related minerals of the linnaeite group: solid solution and nomenclature in the light of new data from the Siegerland district, Germany // *Canad. Miner.* 1999. N 37. P 545-558.
25. Yin Y., Erdonmez C.K., Cabot A. et al. Colloidal synthesis of hollow cobalt sulfide nanocrystals // Lawrence Berkeley National Lab. Publ. info: University of California. Publ. date: 16.03.2006.

**Влияние геологических факторов на качество строительного щебня  
из гранитов месторождения «Приозёрное»**

Лашук В.В.<sup>1</sup>, Беляева Т.В.<sup>2</sup>, Усачёва Т.Т.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья КНЦ РАН  
<sup>2</sup>ОАО «МГРЭ», Апатиты, laschuk@chemy.kolasc.net.ru

**Impact of geological factors on the quality of the building rock debris from granites  
of the Priozyornoye deposit**

Lashchuk V.V., Belyayeva T.V., Usachyova T.T.

*Изучение технологических показателей щебня фракции 20-40 мм методами математической статистики показало, что граниты месторождения «Приозёрное» очень однородны по петрографическому составу. Выветривание – основной геологический фактор, влияющий на зерновой состав и прочность щебня. Рекомендован экспресс-метод оценки качества щебня методом главных компонент в сочетании с регрессионным анализом.*

*Studying technological properties of the rock debris of a 20-40 mm fraction with the mathematical statistics methods revealed the granites from the Priozyornoye deposit being petrographically homogenous. Weathering is the major geological factor affecting the grain composition and solidity of the rock debris. Suggested is an express method of evaluating the rock debris quality using the method of main components with regression analysis.*

Работа посвящена технологическому изучению гранитов Мурманского побережья. Здесь предполагается строительство газопромышленного комплекса в связи с освоением месторождений углеводородов шельфа Баренцева моря. Цель исследований – выявление геологических факторов, влияющих на свойства гранитов месторождения «Приозёрное» как минерального сырья для производства строительного щебня. Объектом исследований служили 18 технологических проб, равномерно отобранных по поверхности (штуфы) и на глубину (кern разведочных скважин) месторождения. Проведены макроскопические исследования петрографического и зернового состава щебня. Определены его средняя плотность, водопоглощение и прочность (потери массы после дробимости в цилиндре) фракций 5-10, 10-20 и 20-40 мм по ГОСТ 30629 [1]. Этот минимальный набор показателей, необходимый для качественной оценки породы, применяется ОАО МГРЭ как «сокращённый цикл испытаний щебня». Остальные показатели (истираемость в полочном барабане, насыпная плотность, радиоактивность, реакционная способность, содержание  $\text{SO}_3$  и др.) по ГОСТ 8267 используются для исследования петрографических разновидностей, дополняют «сокращённый цикл» и в целом составляют «полный цикл» технологических испытаний щебня [2].

Таблица 1. Средние значения показателей петрографического, зернового составов, физико-механических свойств проб щебня, отобранных на поверхности и с глубины месторождения «Призёрное» (фракция 20-40 мм).

Место отбора проб	Статист. характеристики	Петрографический состав, мас. %				Содержание зёрен, мас. %		Физико-механические свойства		
		Плагиопегматит, PL pegm	Микроклин- пегматит, МК pegm	Амфибол- биотитовые шлиры, Amf-Bt	Выветрелые породы, ВЫВ	Лещадной формы, ЛЕЩ	Слабых пород, СЛАБ	Средняя плотность, $\rho_{cp}$ , г/см <sup>3</sup>	Водопоглощение, w, мас. %	Потери массы после дробимости, ДР, мас. %
Поверхность	Число значений	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Среднее	0.6	0.7	0.1	9.3	6.9	0.5	2.70	0.7	19.1
	Доверит. интервал	0.0-1.8	0.0-2.0	0.0-0.2	4.0-14.6	4.9-8.9(1)	0.3-0.7	2.69-2.71	0.6-0.8	16.9-21.3 (1000)
	Коэф. вариации	2.65	2.41	2.18	0.78	0.39	0.62	0.004	0.28	0.16
Скважины	Число значений	11	11	11	11	11	11	11	11	11
	Среднее	0.5	1.2	0.5	0.1	7.0	0.2	2.71	0.5	15.8
	Доверит. интервал	0.5-1.5	0.0-2.6	0.0-1.0	0.0-0.2	5.7-8.3 (1)	0.1-0.3	2.70-2.72	0.4-0.6	14.4-17.4 (1000-1200)
	Коэф. вариации	3.32	1.98	2.49	1.93	0.31	0.71	0.004	0.26	0.16
Всего	Число значений	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	Среднее	0.6	1.0	0.3	3.7	7.0	0.3	2.70	0.6	17.1
	Доверит. интервал	0.0-1.2	0.0-2.0	0.0-0.6	0.7-6.7	5.9-8.1 (1)	0.2-0.4	2.69-2.71	0.5-0.7	15.7-18.7 (1000)
	Коэф. вариации	2.95	2.08	2.86	1.71	0.33	0.76	0.005	0.29	0.18

Детально исследована выборка показателей сокращённого цикла технологических испытаний щебня по фракции 20-40 мм, которая характеризуется минимальной трещиноватостью и физико-механическими свойствами, близкими к исходным горным породам. Она анализировалась методами математической статистики с помощью пакета прикладных программ «Тиетта» [3]. Сравнение средних значений показателей гранитов, отобранных с поверхности и глубины, показало, что горные породы коренных обнажений отличаются повышенным (9.3 мас. %) содержанием выветрелых пород (табл. 1). В целом граниты однородны по составу и физико-механическим свойствам. Нормальные распределения показателей установлены для средней плотности и водопоглощения амфибол-биотитовых шлиров и слабых пород. По форме зёрен щебень фракции 20-40 мм относится к первой группе. По дробимости (потери массы после испытаний) прочность оценивается марками «1000-1200». Максимальная изменчивость отмечена для содержаний в щебне плагиопегматита, микроклин-пегматита, амфибол-биотитовых шлиров и выветрелых пород с коэффициентами вариации 2.95, 2.86, 2.08 и 1.71. На дневной поверхности содержание выветрелых пород выдержанное, о чём свидетельствует коэффициент вариации 0.78. Анализ корреляционной матрицы петрографического и зернового состава с физико-механическими свойствами щебня позволил выделить четыре значимых фактора (табл. 2).

Первые два фактора – генеральные (содержащие более двух значимых нагрузок), третий и четвёртый – второстепенные. Признаковая структура факторов имеет вид: **1 фактор** (45): 91 ЛЕЩ $\phi$  / -91 ДР, -89  $\omega$ , -87  $\rho_{cp}$ , -81 ВЫВ $\pi$ ; **2 фактор** (15): 48 PL pегm / -77 Amf-Bt, -66 СЛАБ $\pi$ ; **3 фактор** (14): 92 МК pегm; **4 фактор** (10): 69 PL pегm. Первый фактор включает показатели, в которых дробимость тесно связана с водопоглощением, средней плотностью и содержанием выветрелых пород. Его можно назвать «фактором дробимости». Эти показатели антагонистичны показателю содержания щебня лещадной формы. Во второй фактор входят показатели содержания амфибол-биотитовых шлиров и слабых пород, которые антагонистичны показателю содержания плагиопегматита. Этот фактор можно назвать «фактором петрографического состава». Сумма вкладов первого и второго факторов в общую дисперсию составляет 60 %. Это говорит о

том, два главных фактора хорошо характеризуют систему. Третий и четвертый факторы можно назвать «микроклин-пегматитовым» и «плаггиопегматитовым». Их вклад в общую дисперсию составляет 24 %. Показатели рассортированы по степени важности.

Таблица 2. Корреляционный и факторный анализ МГК для показателей петрографического и зернового состава с физико-механическими свойствами щебня месторождения «Приозёрное», фракция 20-40 мм.

Коэффициенты корреляции <sup>2</sup>									Нагрузки на факторы			
Петрографический состав, мас. %				Содержание зёрен, мас. %		Физико-механические свойства			Факторы			
PL pegm	MK pegm	Amf-Bt	ВЫВ порода	ЛЕЩ формы	СЛАБ пород	$\rho_{ср}$ , г/см <sup>3</sup>	w, масс. %	ДР, потеря массы, %	1ф	2ф	3ф	4ф
100	-2	-13	-20	19	-14	-25	-36	-37	37	48	3	69
	100	20	12	16	-15	-3	-17	-12	1	-14	92	-10
		100	-10	-6	16	8	-18	-21	10	-77	28	44
			100	-64	-11	60	76	61	-81	5	16	-2
				100	5	-88	-72	-82	91	9	17	-30
					100	-1	-15	-29	16	-66	-45	-13
						100	64	74	-87	-18	-9	26
							100	73	-89	6	17	-19
								100	-91	16	-10	-4
Вклады факторов (компонент), %									45	15	14	10
Интерпретация факторов									ДР	Amf-Bt	MK pegm	PL pegm

Примечания: обозначения показателей см. табл. 1; коэффициенты корреляции и факторные нагрузки увеличены в 100 раз и при  $n = 18$  отличаются от 0 с надёжностью 0.95 при их абсолютных значениях  $r_{зн}$ ,  $w_{зн}$  0.47; курсивом отмечены коэффициенты корреляции и факторные нагрузки < 0.47, жирным шрифтом > 0.75.

Граниты месторождения «Приозёрное» характеризуются высокой однородностью. Об этом свидетельствуют низкие значения коэффициентов корреляции ( $R < 0.47$ ) показателей петрографического состава и то, что методом главных компонент они оценены как малозначимые. Исключение составляют содержания зёрен выветрелых пород. По степени важности выделяются группы существенных (потеря массы после испытаний на дробимость > содержание зёрен лещадной формы > водопоглощение > средняя плотность > содержание выветрелых пород) и малозначимых показателей (содержание амфибол-биотитовых шлиров > содержание зёрен слабых пород > содержание плаггиопегматита > содержание микроклин-пегматита). Регрессионная модель зависимости дробимости (потери после испытаний) от содержания выветрелых пород, слабых пород, показателя лещадности, средней плотности и водопоглощения щебня фракции 20-40 мм имеет вид:  $ДР = 445.5 - 0.001 ВВВ + 4.336 \omega - 159.08 \rho_{ср} + 0.451 СЛАБ - 0.155 ЛЕЩ$  при  $R_{мн} = 0.86$ ,  $F = 7.09$  ( $t_{ВВВ} = 0.01$ ,  $t_{\omega} = 0.93$ ,  $t_{\rho_{ср}} = 1.80$ ,  $t_{СЛАБ} = 0.12$ ,  $t_{ЛЕЩ} = 0.93$ ), где  $R_{мн}$  – коэффициент множественной корреляции,  $F$  – отношение дисперсий (при  $n = 18$  и  $P = 0.95$   $F_{кр} = 2.23$ ),  $t$  – критерий Стьюдента при надёжности  $P = 0.95$ .

Таким образом, основная причина понижения прочности гранитов месторождения «Приозёрное» – процессы выветривания. В целом они слабо затронуты выветриванием. Пробы – с поверхности по прочности почти не отличаются от отобранных из керна скважин. Обработка результатов технологических испытаний методами математической статистики показала, что метод главных компонент в сочетании с регрессионным анализом пригодны для оценки качества щебня. Их можно рекомендовать как экспресс-метод при разведке месторождений строительного камня.

#### Список литературы

1. ГОСТ 8269-02. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Методы испытаний. М.: ИС, 1995. 15 с.
2. ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. М.: ИС, 1995. 15 с.
3. Лащук В.В., Усачёва Т.Т., Мартынов Е.В. Влияние минерального состава, структуры и физико-механических свойств гранитов на их обрабатываемость алмазно-дисковым инструментом // Тр. III Ферсмановской науч. сессии, посв. 50-летию Кольского отделения РМО. Апатиты: изд-во К & М, 2006. С. 76-79.

## Радиоактивность некоторых горных пород восточной части Карельского кратона

Мельник Н.А., Икконен П.В.

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья КНЦ РАН, Апатиты

### Radioactivity of some rocks from the East Karelian craton

Mel'nik N.A., Ikkonen P.V.

*Представлены результаты радиологических исследований горных пород Заонежского п-ова и Водлозёрского блока в восточной части Карельского кратона, представляющих интерес для промышленности и строительства. Изучено распределение природных радионуклидов в образцах. В тоналитах и гнейсах содержание  $^{238}\text{U}$  превышает кларк в 2.7 и 6.7 раз, содержание  $^{232}\text{Th}$  – в 5.6 раз. Габбронориты и кремнистая порода с пиритом нерадиоактивны; тоналито-гнейсы, граниты, кривозерит, шунгит глянцевый – слабо радиоактивны; тоналиты, гнейсы и матовый шунгит – среднердиоактивны. Радиоактивность обусловлена содержанием свободного углерода,  $\text{SiO}_2$ , органического вещества и акцессорными минералами.*

*Presented are radiological investigation of rocks of Zaonezhsky Peninsula and the Vodlozyorsky block, located in east part Karelian craton, which are of interest for the industry and building. Distribution of natural radionuclides, their fluctuations in the researched samples is learnt. In tonalites and gneisses the contents of uranium-238 exceeds 2.7 and 6.7 times, the contents of thorium-232 - 5.6 times that of a clark. Gabbronorites and siliceous breed with perits are not radioactive; tonalit-gneisses, granites, krivozerit of UV - deposits, glossy shungit are weakly radioactive; tonalites, gneisses and matte shungit are considerably radioactive. The radioactivity is caused by the presence of free carbon,  $\text{SiO}_2$ , organic substance and accessory minerals.*

Карельский кратон структура двухэтажная: AR гранит-зеленокаменное основание перекрыто осадочно-вулканогенным чехлом вдоль границы со смежными структурами и в центральной части в ядрах синклинальных складок. В пределах восточной части Карельского кратона находятся Заонежский п-ов и Водлозёрский блок, горные породы которых представляют интерес для промышленности и строительства. Заонежский п-ов расположен в центре крупной геологической структуры – Онежского синклинория, который сложен комплексом нижнепротерозойских пород, представляющих собой гигантский останец некогда широко развитого покрова PR образований, перекрывающих породы AR [11]. На этой территории находятся U-V и шунгитовое месторождения. Шунгитовые породы выявлены в Онежской структуре на площадях в несколько тысяч км<sup>2</sup>. Они широко используются в различных целях [2, 7, 8]. Водлозёрский блок сложен различными гранитоидами: тоналитами, кварцевыми гнейсовидными диоритами, гнейсами, гранитами и др. В пределах гранитогнейсовых полей рудные месторождения не встречены. Плагиограниты и гнейсы используются для получения щебня и облицовочных материалов. В зонах тектонических нарушений встречаются небольшие аномалии радиоактивных элементов [12].

Радиоактивность большинства горных пород Заонежского п-ова и Водлозёрского блока почти не изучена. В работе представлены радиологические исследования этих р-нов, проведённые в полевых (совместно с Институтом геологии КарНЦ РАН) и стационарных условиях на базе аккредитованной региональной лаборатории радиационного контроля ИХТРЭМС КНЦ РАН. Горные породы отобраны на обнажениях в р-не пос. Водла и Шуньга, р. Вама, Сухая Водла, Водла, а также 2-го Авдеевского габброноритового карьера, U-V и шунгитового месторождений. Радиационные характеристики мест отбора проб представлены в табл. 1. Мощность AMBIENTНОГО эквивалента дозы  $\gamma$ -излучения (МАЭД) на всех участках не превышает нормированных значений для населения. Максимальные значения обнаружены в р-не отбора проб шунгита в штольне (пос. Шуньга) за счёт содержания  $^{226}\text{Ra}$  и тоналитов (на обнажении уреза воды р. Вама в 30 м выше по течению от плотины) за счёт  $^{232}\text{Th}$ .

Радиационно-гигиенические характеристики горных пород определялись радиометрическими и спектрометрическими методами на сертифицированном оборудовании по аттестованным методикам [3, 4]. Усреднённое распределение природных радионуклидов даны в табл. 1-3. Во всех горных породах обнаружены природные радионуклиды рядов  $^{238}\text{U}$  (0.00005-0.002 мас. %) и  $^{232}\text{Th}$  (0.0001-0.0045 мас. %), а также  $^{40}\text{K}$  (0.16-4.78 мас. %). Максимальные содержания  $^{238}\text{U}$  ( $^{226}\text{Ra}$ ) характерны для тоналитов Водлозёрского блока и шунгитов Онежского синклинория. Максимальные содержания  $^{232}\text{Th}$  характерно для тоналитов, плагиомикроклиновых гранитов и гнейсов Водлозёрского блока. В случае шунгита это связано с его органическим происхождением [7], в остальных случаях – с геологическим происхождением, ведь образцы относятся к кислым магма-

тическим породам [6]. На рис. 1 и 2 представлены типичные  $\gamma$ -спектры U- (шунгиты, тоналиты) и Th-содержащих (граниты, гнейсы, тоналиты) горных пород.

Таблица 1. Радиационные характеристики мест отбора проб.

Объекты исследования	Гамма-фон, мкР/ч	МАЭД, мкЗв/ч	Радионуклидный состав (экспрессное определение)
Обнажение шунгитов в 30 м от штольни	17-26	0.19-0.27	$^{226}\text{Ra}$
Шунгитовая штольня (внутри)	38-42	0.37-0.42	$^{226}\text{Ra}$
Шунгитовый карьер	7-9	0.12-0.14	$^{226}\text{Ra}$
Обнажения дайки габброноритов	3-2	0.07-0.11	$^{40}\text{K}$
Обнажения вмещающих дайку гранитов	6-7	0.11-0.14	$^{40}\text{K}$
Обнажение плагиогранитов	15-22	0.18-0.28	$^{40}\text{K}, ^{232}\text{Th}$
Промплощадка U-V месторождения	7-9	0.11-0.14	$^{40}\text{K}$
Обнажения тоналитов у Вамской плотины	11-15	0.20-0.30	$^{40}\text{K}, ^{232}\text{Th}$

Таблица 2. Радиационно-гигиенические характеристики горных пород.

№ п/п	Горная порода	Место отбора	Удельная радиоактивность, Бк/кг			$A_{\text{эфф}}$ , Бк/кг
			Ra-226	Th-232	K-40	
1	Тоналито-гнейсы	район пос. Водла	26±7	25±6	1470±260	190±35
2	Тоналиты	р. Вама (плотина)	175±25	160±20	1080±105	480±65
6	Гнейсы	р. Вама (плотина)	70±10	160±20	1150±200	380±50
3	Плагиомикроклиновые граниты	р. Сухая Водла	18±7	185±24	1200±220	365±50
4	Плагиомикроклиновые граниты	р. Вама	6±4	145±15	1200±210	300±30
5	Плагиомикроклиновые граниты	пос. Водла	13±3	100±10	900±140	225±25
7	Граниты	Авдеевская дайка	25±6	55±10	1210±220	200±35
8	Габбронориты	Авдеевская дайка	13±4	11±4	160±45	42±10
9	Кремнистая порода с пиритом	U-V месторождение	31±5	5±3	270±60	60±10
10	Кривозерит	U-V месторождение	18±5	52±9	760±145	155±25
11	Шунгит глянцевый	пос. Шуньга (штольня)	80±15	13±5	50±10	100±20
12	Шунгит матовый	пос. Шуньга (штольня)	265±30	12±4	540±115	330±35
13	Шунгит матовый	Загогино (карьер)	135±17	18±5	335±80	190±25
14	Шунгит матовый	Загогино	62±10	8±5	310±85	110±15
15	Шунгит матовый	Максово	90±14	6±6	150±70	110±30
16	Шунгит матовый	Товарный продукт	90±20	4±3	175±80	42±10
17	Руда	Средняя Падма	30±6	2	14	42±10
18	Руда	«Железная шляпа»	2	4	13	7

Максимальные флуктуации природных радионуклидов в пробах горных пород ( $A_{\text{мак}}/A_{\text{мин}}$ , где  $A$  – удельная радиоактивность) не превышают 45. Содержания сопоставимы с кларками [1, 4, 10]. В габброноритах и тоналито-гнейсах содержание  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$  – на уровне кларков. Кларковые содержания  $^{40}\text{K}$  характерны для всех пород. В тоналитах и гнейсах содержания  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$  превышают кларки в 2.7-6.7 и 5.6 раз соответственно.

Шунгитовые породы (глянцевая разновидность – содержание углерода до 95 % и матово-серая разновидность – содержание углерода менее 64 %) с Загогинского месторождения (карьер и штольня) содержат преимущественно  $^{238}\text{U}$  ( $^{226}\text{Ra}$ ) 0.0005-0.002 мас. % в зависимости от места отбора и разновидности. Глянцевые шунгитовые породы (Загогино, Максово) характеризуются меньшим содержанием  $^{226}\text{Ra}$  (62-90 Бк/кг) по сравнению с матовой разновидностью (135-264 Бк/

кг), причём его концентрация в штольне в обоих случаях выше, чем в карьере (табл. 2). Высокое содержание  $^{226}\text{Ra}$  обусловлено тем, что по составу минеральной основы шунгитовые породы относятся к кремнистым, глинисто-кремнистым, глинисто-карбонатно-кремнистым осадочным породам с высоким содержанием органики, сорбирующей U.

Таблица 3. Средние содержания природных радионуклидов в горных породах.

Наименование горных пород	$^{40}\text{K}$ , мас. %	$^{40}\text{K}$ / кларк	$^{232}\text{Th}$ , мас. % $\times 10^{-3}$	$^{232}\text{Th}$ / кларк	$^{238}\text{U}$ , мас. % $\times 10^{-3}$	$^{238}\text{U}$ / кларк	$^{232}\text{Th}$ / $^{238}\text{U}$
Тоналито-гнейсы	4.78±0.85	2.7	0.61±0.15	0.9	0.21±0.06	1.0	3.0
Тоналиты	3.51±0.34	2.0	3.93±0.49	5.6	1.40±0.20	6.7	2.8
Плагиомикроклиновые граниты	3.58±0.62	2.0	3.52±0.40	5.0	0.10±0.04	0.5	35.6
Гнейсы	3.74±0.65	2.1	3.93±0.49	5.6	0.56±0.08	2.7	7.0
Граниты	3.94±0.72	2.2	1.35±0.25	1.9	0.20±0.05	1.0	6.8
Габбронориты	0.52±0.15	0.3	0.27±0.10	0.4	0.10±0.03	0.5	2.6
Кремнистая порода с пиритом	0.88±0.20	0.5	0.12±0.07	0.2	0.25±0.04	1.2	0.5
Кривозерит	2.47±0.47	1.4	1.28±0.22	1.8	0.14±0.04	0.7	8.9
Шунгит глянцевый	0.16±0.03	0.1	0.32±0.12	0.5	0.62±0.12	3.0	0.5
Шунгит матовый	0.98±0.28	0.6	0.24±0.11	0.3	1.03±0.15	4.9	0.2

Радиационно-гигиенические характеристики образцов (табл. 2) согласуются с общими представлениями о радиоактивности горных пород, т.е. видна зависимость активности от содержания  $\text{SiO}_2$  и органического вещества.

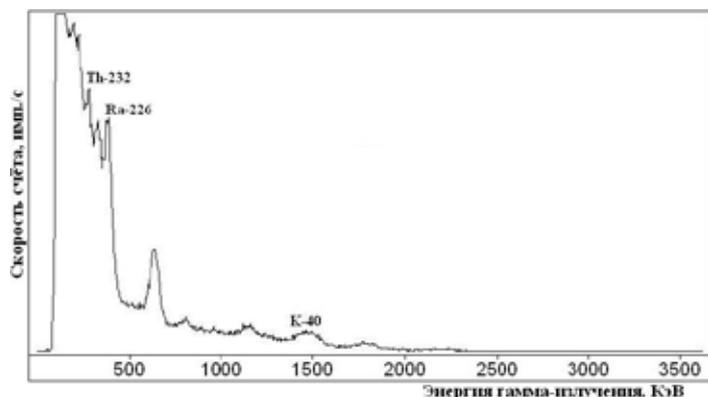


Рис. 1. Гамма-спектр урансодержащей горной породы (шунгит матовый). Удельная активность (Бк/кг):  $^{226}\text{Ra}$  – 264,  $^{232}\text{Th}$  – 12,  $^{40}\text{K}$  – 540.

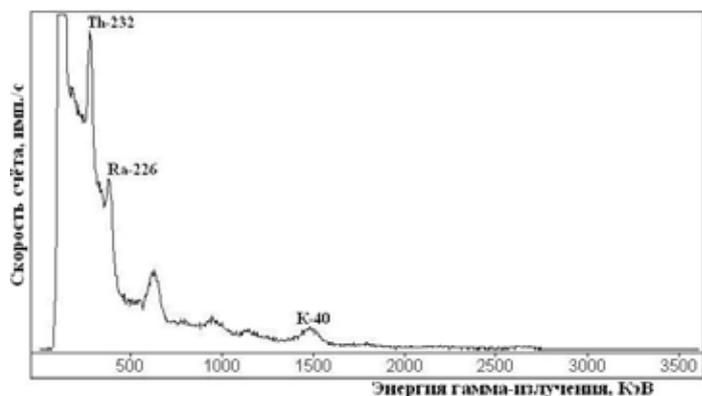


Рис. 2. Гамма-спектр торийсодержащей горной породы (тоналиты). Удельная активность (Бк/кг):  $^{226}\text{Ra}$  – 194,  $^{232}\text{Th}$  – 188,  $^{40}\text{K}$  – 1270.

Так, в породах Максово  $\text{SiO}_2$  составляет 66.8 мас. % от минерального субстрата, в породах Загогинского месторождения он находится в пределах 45-60 % [7, 8]. Поэтому в первом образце шунгита удельная радиоактивность  $^{226}\text{Ra}$  в 1.5 раз больше, чем во втором. Радиоактивность горных пород связана также с присутствием в них аксессуарных минералов: эпидота, биотита, роговой обманки, плагиоклазов, пироксена и др., которые характеризуются повышенным содержанием  $^{238}\text{U}$  ( $^{226}\text{Ra}$ ) или  $^{232}\text{Th}$  [4, 7].

По радиационной опасности тоналиты, гнейсы и матовый шунгит, эффективная удельная активность ( $A_{\text{эфф}}$ ) которых с учётом неопределённости измерений находится в пределах 375-545 Бк/кг, относятся к радиоактивным. К нерадиоактивным относятся габбронориты и кремнистая порода с пиритом, остальные горные породы – к слаборадиоактивным. На рис. 3 представлена диаграмма распределения горных пород по уровню эффективной удельной активности: 1 – тоналито-гнейсы района пос. Водла, 2 – тоналиты р. Вама (плотина),



Рис. 3. Распределение исследуемых горных пород по уровню эффективной удельной активности.

да с пиритом), слаборадиоактивным (тоналито-гнейсы, граниты, кривозерит U-V месторождения, шунгит глянцевый) и среднердиоактивным (тоналиты, гнейсы и матовый шунгит). Радиоактивность вызвана присутствием  $\text{SiO}_2$ , органического вещества и акцессорных минералов. В соответствии с нормативно-правовыми документами [6, 9], при использовании этих горных пород в промышленности строительных материалов необходима их оценка по радиационному фактору. Особое внимание необходимо уделить качеству шунгита при его использовании в виде сорбента (фильтра) для очистки питьевой воды.

#### Список литературы

1. Войткович Г.В., Мирошников А.Е., Поваренных А.С. и др. Краткий справочник по геохимии. М.: Недра, 1970. С. 50.
2. Значение промышленных минералов Карелии в областях промышленного производства // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 3. Петрозаводск: изд-во КарНЦ РАН, 2001. С. 126-130.
3. Мельник Н.А. Методика определения радиационно-гигиенических характеристик строительных материалов на основе минерального и техногенного сырья. М ЛРК ИХ 2.6.1.-02-2006-08. Свидетельство об аттестации МВИ № 40090.8А094-1 от 14.01.2008. Апатиты: изд-во ИХТРАЭС КНЦ РАН, 2008. 17 с.
4. Мельник Н.А. Радиогеоэкологические аспекты безопасности использования горнопромышленных отходов Кольского региона в производстве строительных материалов. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2003. 114 с.
5. Минералогическая энциклопедия / Ред. К. Фрей. Л.: Недра, 1985. 512 с.
6. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.6.1.2523-09. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с.
7. Природа исходного органического вещества и особенности микроструктуры кремнистых шунгитовых пород / Медведев П.П. и др. // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 1. Петрозаводск: изд-во КарНЦ РАН, 1998. С. 120-128.
8. Шунгиты Карелии и пути их комплексного использования. Петрозаводск: изд-во КарНЦ РАН, 1975. 240 с.
9. Федеральный закон РФ «О радиационной безопасности населения» от 09.01.1996 г.
10. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых. Справочник геофизика. М.: Недра, 1984. 265 с.
11. Экологические проблемы освоения месторождения Средняя Падма. Петрозаводск: изд-во КарНЦ РАН, 2005. 110 с.
12. Экспертная оценка материалов ОВОС трубопроводного транспорта газа в Республике Карелия. Режим доступа: [http:// greens. onego.ru/h\\_files/ pipeline/estimation.html](http://greens.onego.ru/h_files/pipeline/estimation.html).

3 – гнейсы р. Вама (плотина); 4-6 – плагиомиоклиновые граниты (4 – р. Сухая Водла, 5 – р. Вама, 6 – пос. Водла); 7 – граниты Авдеевской дайки, 8 – габбронориты Авдеевской дайки, 9 – кремнистая порода с пиритом U-V месторождения, 10 – кривозерит U-V месторождения, 11 – шунгит глянцевый пос. Шуньга (штольня), 12-16 – шунгиты матовые (12 – пос. Шуньга (штольня), 13, 14 – Загогино, 15 – Максово, 16 – товарный продукт).

Таким образом, горные породы Заонежского п-ова и Водлозерского блока относятся к нерадиоактивным (габбронориты и кремнистая порода с пиритом),

слаборадиоактивным (тоналито-гнейсы, граниты, кривозерит U-V месторождения, шунгит глянцевый) и среднердиоактивным (тоналиты, гнейсы и матовый шунгит). Радиоактивность вызвана присутствием  $\text{SiO}_2$ , органического вещества и акцессорных минералов. В соответствии с нормативно-правовыми документами [6, 9], при использовании этих горных пород в промышленности строительных материалов необходима их оценка по радиационному фактору. Особое внимание необходимо уделить качеству шунгита при его использовании в виде сорбента (фильтра) для очистки питьевой воды.

### Синтез брушита

Солоненко А.П., Голованова О.А., Ишутина В.С.  
Омский государственный университет, Омск, golovanoa2000@mail.ru

### Synthesis of brushite

Solonenko A.P., Golovanova O.A., Ishutina V.S.

*Экспериментально определены оптимальные условия для получения кристаллов брушита из водных растворов. В зависимости от целей могут быть синтезированы мелкие и крупные, хорошо ограниченные кристаллы брушита.*

*The optimum conditions to produce brushite crystals from the aquatic solutions are defined experimentally. The tiny and big well-faceted brushite crystals can be synthesized, whatever needed.*

Фосфаты Са имеют огромное значение в жизни человека: они составляют основу костного матрикса, зубов человека, многих патогенных биоминеральных агрегатов и широко используются в промышленности. Цель работы – изучение кристаллизации брушита  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  при варьировании параметров водной кристаллизационной среды.

Кристаллы получали при смешении разбавленных растворов  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ . Изучение системы проводили при эквимольных концентрациях растворов при  $T = 22-25^\circ\text{C}$ . Варьировали: (а) концентрации реагентов: 10, 25, 50, 75, 100, 150 или 200 мМ; (б) время кристаллизации (от 1 до 10 сут.); (в) рН (от 4 до 1 с шагом 1); (г) порядок сливания растворов; (д) скорость сливания. После отстаивания раствор фильтровали, осадок высушивали при  $T = 80^\circ\text{C}$  до удаления воды. Твёрдую фазу взвешивали и изучали методами ИК-Фурье-спектроскопии и оптической микроскопии. В жидких фазах фиксировали конечное значение рН и определяли химическими методами остаточные концентрации ионов Са и фосфат-ионов, по которым рассчитывали соотношение Са/Р в твёрдой фазе.

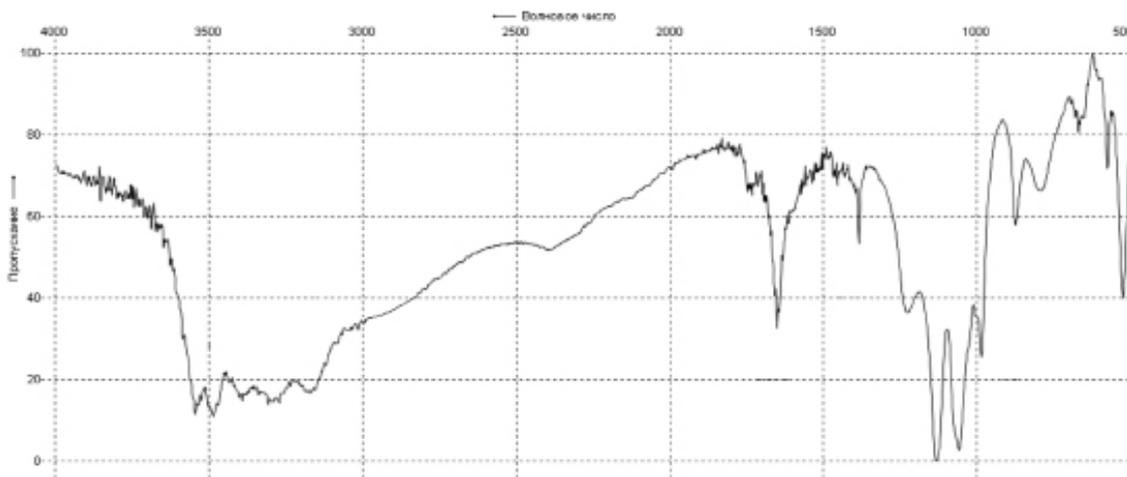


Рис. 1. ИК-спектр брушита, полученного из растворов с  $C(\text{Ca}) = C(\text{HPO}_4) = 100$  мМ, 2 сут.



Рис. 2. Фото частиц брушита. А:  $C_{\text{исх}} = 10$  мМ в момент сливания, Б:  $C_{\text{исх}} = 10$  мМ после 2 сут. созревания, В:  $C_{\text{исх}} = 75$  мМ в момент сливания, Г:  $C_{\text{исх}} = 75$  мМ после 2 сут. созревания.

Установлено, что при малых начальных концентрациях фосфат-ионов и Ca происходит созревание осадка и трансформация брусшита в гидроксилapatит (рис. 1, 2). При более высоких исходных концентрациях созревание осадка сводится к росту кристаллов брусшита (рис. 2), примесей не обнаружено. При варьировании времени кристаллизации от 1 до 10 сут. самые значительные изменения системы наблюдались в течение первых 2 сут. Дальнейшее выдерживание осадка под маточным раствором не сопровождалось изменениями системы, т.е. равновесие между ними достигалось за 2 сут.

Важным фактором, определяющим природу кристаллизующейся в системе  $\text{Ca}^{2+} - \text{PO}_4^{3-} - \text{H}_2\text{O}$  фазы, является кислотность. Осаждение брусшита происходило при pH от  $4.00 \pm 0.05$  до  $6.00 \pm 0.05$ . В более щелочной области образовывался гидроксилapatит  $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$ . Скорость и порядок сливания растворов не оказывают влияния на вид кристаллизующейся фазы, её морфологию и количественный состав. Таким образом, определены оптимальные условия для получения кристаллов брусшита из водных сред. В зависимости от целей в системе  $\text{Ca}^{2+} - \text{PO}_4^{3-} - \text{H}_2\text{O}$  могут быть получены мелкие и крупные, хорошо огранённые кристаллы  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

### Изменение упруго-анизотропных свойств горных пород в скважине ОКУ под давлением

Тришина О.М., Ковалевский М.В., Горбацевич Ф.Ф.

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

### Variation of elastic-anisotropic properties of rocks in the OKU borehole under pressure

Trishina O.M., Kovalevsky M.V., Gorbatshevich F.F.

*Проведено исследование образцов горных пород из нижнего диапазона финской скважины ОКУ под давлением. При приложении одноосных нагрузок происходит нелинейное увеличение величин скорости продольных и поперечных волн. В процессе увеличения давления, в среднем до 70 МПа, происходит резкое разрушение образца, обусловленное образованием магистральных трещин, параллельных свободным граням образца.*

*Rock samples from the lower section of the OKU Finnish drill hole under pressure were investigated. At uniaxial loads a non-linear increase in compression and shear wave velocities takes place. As the pressure rises, on average, up to 70 MPa, drastic disintegration of samples occurs. The latter is caused by the formation of main cracks parallel to the free faces of the sample.*

В январе 2005 г. в Оутокумпу, ЮВ Финляндия, закончено бурение исследовательской скважины ОКУ, достигшей глубины 2516 м. Она заложена около одноимённого полиметаллического месторождения. Геологическая схема и местоположение скважины показаны на рис. 1 [7]. Сейсмические построения позволили предположить, что основные породы разреза представлены слюдястыми и чёрными сланцами. На глубине 1.2-1.3 км расположена граница, разделяющая PR породы от AR фундамента. В интервале 1.4-1.9 км залегают метаморфические породы. Финская геологическая служба, по инициативе которой осуществлено бурение, обратилась в Геологический институт КНЦ РАН с предложением принять участие в изучении свойств, состава и структуры пород из ОКУ.

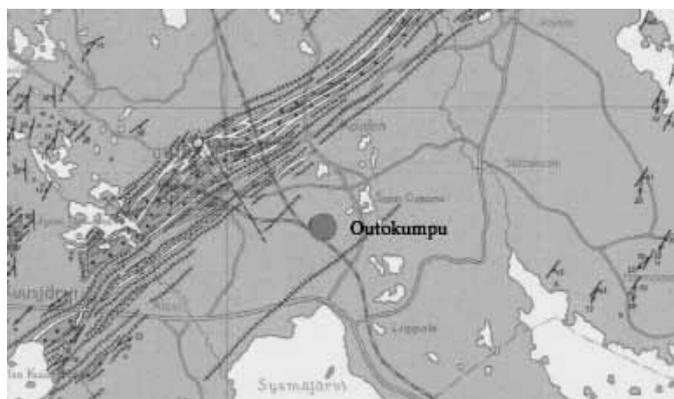


Рис. 1. План геологической структуры и местоположение исследовательской скважины Оутокумпу [7].

**Методика.** Изучены упругие свойства 25 образцов из керна ОКУ в зависимости от давления. Образцы отобраны в диапазоне глубин 1.0-2.5 км. Характеристики пород даны в таблице. Для измерений изготовлены образцы в форме куба. На первом этапе измерены плотность и упругие характеристики в лабораторных условиях при атмосфер-

ном давления. Плотность образцов определялась методом Архимеда. Второй этап измерений проводился при помощи прессы PRASA HYDRAULICZNA TYP – WK-18-100 с приложением нагрузки поочередно на каждую из трёх граней образца. Вследствие невысокой прочности для большего числа образцов измеряли скорости распространения волн только вдоль оси скважины (3-3') в диапазоне  $P$  от 0 до 90 МПа.

При увеличении давления регистрировались изменения времени прохождения упругих колебаний через образец. Затем вычислялись скорости распространения продольных и поперечных волн:

$$V_P = \frac{h}{t_{P0} - t_{P\dot{E}}} \quad V_S = \frac{h}{t_{P0} - t_{P\dot{E}}}, \text{ где}$$

$h$  – высота грани;  $t_{P0}$ ,  $t_{S0}$  – времена задержки сигнала при давлении  $P = 0$ ;  $t_{P\dot{E}}$ ,  $t_{S\dot{E}}$  – времена задержки сигнала при изменении давления  $P$  [5]. Изменения скоростей продольных и поперечных волн для всех образцов даны по третьей грани, которая совпадает с осью скважины (рис. 2).

Обсуждение результатов. Анализ упруго-анизотропных свойств 25 образцов из скважины ОКУ показал, что при увеличении  $P$  до 75 МПа для большинства образцов фиксируется незначительный нелинейный рост скорости упругих волн. При дальнейшем увеличении  $P$  наблюдается линейный характер изменения скоростей  $V_P$  и  $V_S$  (рис. 2). В образцах ODB-1327\_80, ODB-1394\_60 и ODB-1427\_85 наблюдаются наиболее высокие значения  $V_P$  и  $V_S$ . Это можно объяснить тем, что в данном интервале глубин произошло замещение кварца, плагиоклаза и биотита на серпентин, диопсид и тремолит. В этом же диапазоне замечены рудные минералы (до 20 %, табл.). У образцов ODB-1327\_80 и ODB-1427\_85 наблюдается резкое увеличение скорости  $V_P$  при  $P = 50$  МПа. Возможно, это объясняется схлопыванием магистральных трещин. Самые низкие  $V_P$  и  $V_S$  – в образцах ODB-1751\_05, ODB-1940\_10, ODB-1995\_00 и ODB-2253\_00 с преобладанием кварца и плагиоклаза в составе.

Тенденции изменения  $V_P$  в образцах ODB-1414\_75 и ODB-2199\_80 в основном совпадают, хотя их минеральный состав различен (табл.). ODB-1414\_75 состоит в основном из серпентина (80 %), ODB-2199\_80 – из плагиоклаза (55-58 %) и кварца (30 %). ODB-1202\_40 и ODB-1300\_70 состоят из кварца (30 %), плагиоклаза (30-25 %) и биотита (30 %) при незначительном содержании рудного минерала (10 %).  $V_P$  в них практически одинаковы. При этом  $V_S$  различна. Вероятно, это объясняется присутствием рудного минерала (10 %) в ODB-1300\_70. Образцы ODB-1664\_80,

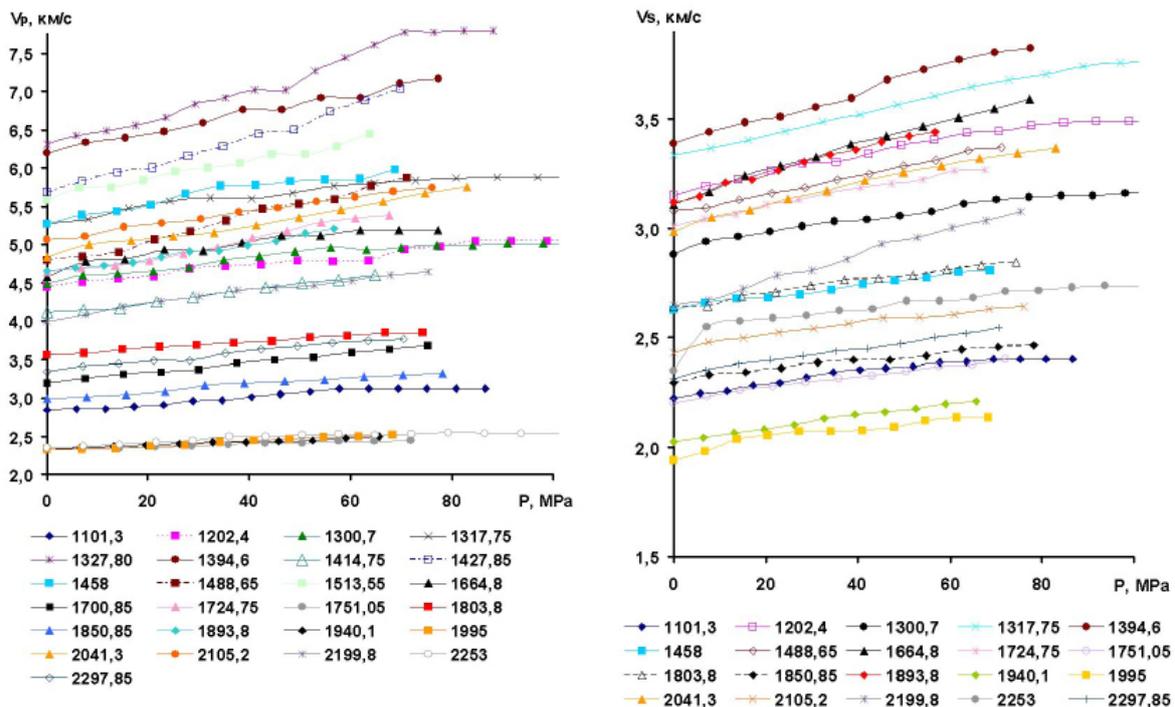


Рис. 2. Зависимость  $V_P$  и  $V_S$  в образцах от  $P$ .

ODB-1724\_75, ODB-1893\_80, ODB-2105\_20 состоят из кварца (30 %) и плагиоклаза (15-60 %).  $V_p$  и  $V_s$  у образцов ODB-1664\_80, ODB-1724\_75 и ODB-1893\_80 совпадают (4.7-5.2 км/с), в то время как ODB-2105\_20 характеризуется более высокой  $V_p$  (5-5.7 км/с) и низкой  $V_s$  (2.4-2.6 км/с). Вероятно, это объясняется присутствием микроклина (10 %).

Таблица. Петрографическая характеристика пород из керна скважины ОКУ.

№№	Глубина (м)	Гл. минералы (%)	Порода
ODB-1101_30	1101.30	Qtz (30), Pl (30), Bt (20), Ms (10), в прожилке – гипс (10)	Bt-Ms сланец с прожилками гипс-карбонатного состава
ODB-1202_40	1202.40	Qtz (30), Pl (30), Bt (30), Grt (5), графит (5)	Grt-Bt сланец с графитом
ODB-1300_70	1300.70	Qtz (30), Pl (25), Bt (30), графит (5), рудный (10)	Рудный Bt- сланец с графитом
ODB-1317_75	1317.75	Qtz (10), Pl (15), Ms (20), графит (40), карбонат (5), рудный (10)	Рудный черный сланец
ODB-1327_80	1327.80	Di (40), Trem (35), карбонат (10), руд- ный (10), титанит (3-5)	Рудная Di-Trem порода с кар- бонатом
ODB-1394_60	1394.60	Trem (35-40), Serp (50), рудный (5-10)	Serp-Trem порода с рудным минералом
ODB-1414_75	1414.75	Serp (80), рудный (20)	Серпентинит
ODB-1427_85	1427,85	Serp (70), Trem (10), рудный (20)	Серпентинит с Trem
ODB-1458_00	1458,00	Serp (90), рудный (10)	Серпентинит
ODB-1488_65	1488,65	Di (50), Trem (20), клиноцоизит (20), рудный (10)	Di- Trem порода
ODB-1513_55	1513,55	Qtz (30), Pl (20), Ms (15), графит (30), карбонат (5)	Черный сланец с прожилками рудного минерала
ODB-1664_80	1664,80	Qtz (30), Pl (60), Ms (10), зерна 2-5-10 мм	Пегм. Гранит с Ms
ODB-1700_85	1700,85	Qtz (50), Pl (30), Bt (20)	Bt- сланец
ODB-1724_75	1724,75	Qtz (30), Pl (15), Bt (20), Ms (5), графит (20), рудный (10)	Рудный черный сланец
ODB-1751_05	1751,05	Qtz (40), Pl (35), Bt (20), Grt (5)	Grt-Bt сланец
ODB-1803_80	1803,80	Qtz (50), Pl (30), Bt (20)	Bt- сланец
ODB-1850_85	1850,85	Qtz (40), Pl (40), Bt (20)	"
ODB-1893_80	1893,80	Qtz (30), Pl (55), Ms (5), Mc (10)	Mc-Pl, Grt- содержащий к/з гранит (Мусковитовый пегма- тоидный гранит с гранатом)
ODB-1940_10	1940,10	Qtz (30), Pl (20-30), Bt (30-40), Sill (5-10)	Bt-Sill сланец
ODB-1995_00	1995,00	Qtz (35), Pl (35), Bt (30)	Bt- сланец
ODB-2041_30	2041,30	Qtz (30), Pl (30), Ms (8), Sill (2), Mc (30)	Ms-Sill пегматоидн. Гранит
ODB-2105_20	2105,20	Qtz (30), Pl (45-50), Ms (1-3), Bt (10), Mc (10)	Двуслюдяной пегм. Гранит
ODB-2199_80	2199,80	Qtz (30), Pl (55-58), Bt (2-5), Mc (10)	Пегм. Гранит с Grt
ODB-2253_00	2253,00	Qtz (30), Pl (40), Bt (30)	Grt-Bt сланец
ODB-2297_85	2297,85	Qtz (35), Pl (35), Bt (30)	Bt- сланец

Более существенное увеличение  $V_p$  с ростом  $P$  наблюдается в ODB-1488\_65, ODB-1513\_55, ODB-2041\_30, где  $V_p$  изменяется в пределах 4.7-5.9 км/с, 5.6-6.4 км/с и 4.8-5.8 км/с. В первом случае это может объясняться тем, что на глубине 1488.65 м происходит резкое изменение минерального состава пород. Во втором случае – наличием на глубине 1513.55 м графита (30 %). В интервале 2-2.2 км присутствуют породы с существенным содержанием микроклина (до 60 %). Относительно большие  $V_p$  и  $V_s$  наблюдаются в ODB-1317\_75 (5.3-5.9 км/с, 3.3-3.8 км/с), ODB-1458\_00 (5.3-6.0 км/с, 2.6-2.8 км/с), что также характеризуется присутствием графита (40 %), рудного минерала (10 %) и серпентинита (90 %). Образцы ODB-1101\_30, ODB-1700\_85, ODB-1803\_80, ODB-1850\_85 и

ODB-2297\_85 обладают практически одинаковым минеральным составом Qtz (30-50 %), Pl (30-40 %), Bi (20-30 %). На этом фоне  $V_p$  и  $V_s$  изменяются незначительно. Предел изменений величины  $V_s$  – в ODB-1803\_80 (2.63-2.84 км/с).

**Выводы.** Приложение одноосных нагрузок приводит к нелинейному увеличению скоростей продольных и поперечных волн, что говорит о развитой микротрещиноватости. При нагружении образца происходит частичное закрытие микротрещин.

При увеличении давления до ~70 МПа происходит резкое разрушение образцов из-за образования магистральных трещин. Разрушение происходит лавинообразно, со стремительным прорастанием магистральных трещин на всю высоту образца в течение долей секунды. Присущая образцам микротрещиноватость является иницирующим фактором. Судя по характеру разрушения, «мостики прочности» из минеральных зёрен не обладают пластическими свойствами.

Авторы выражают признательность к.г.-м.н. В.Р. Ветрину за петрографическую характеристику пород. Работа поддержана грантом РФФИ № 10-05-00082-а.

#### Список литературы

1. Волкова Е.А. Поляризационные измерения М.: изд-во стандартов, 1974. 156 с.
2. Горбацевич Ф.Ф. Акустополарископия горных пород. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 1995. 203 с.
3. Горбацевич Ф.Ф. Акустополарископия породообразующих минералов и кристаллических пород. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2002. 140 с.
4. Горбацевич Ф.Ф., Медведев Р.В. Механизм разуплотнения кристаллических горных пород при их разгрузке от напряжений // Рудные геофизические исследования на Кольском п-ове. Апатиты: изд-во КФ АН СССР, 1986. С. 83-89.
5. Тришина О.М., Ковалевский М.В. Изменение упруго-анизотропных свойств горных пород керна в разрезе скважины Оутокумпу (ОКУ) под давлением в диапазоне глубин до 1 км // Матер. XVIII науч. конф. «Актуальные проблемы геологии докембрия, геофизики и геоэкологии». СПб.: ЛЕМА, 2007. С.202-205.
6. Тришина О.М., Ковалевский М.В., Горбацевич Ф.Ф. К вопросу о влиянии минерального состава на упруго-анизотропные свойства кристаллических пород на примере финской скважины Оутокумпу // Тр. Всерос. науч. конф. «Комплексные геолого-геофизические модели древних щитов». Апатиты, 28-30 сент. 2009. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2009. С. 93-97.
7. Nuhma A. Precambrian rocks of the Outokumpu, Polvijärvi and Sivakkavaara map-sheet areas. Espoo: Geol. Tutkimuslaitos, 1975.

# История освоения Кольского Севера



## History of the Kola North development



## История исследований донных отложений оз. Имандра

Даувальтер В.А.

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН (ИППЭС), Апатиты,  
vladimir@inep.ksc.ru

## The history of the Imandra lake benthic sediments study

Dauval'ter V.A.

*По данным сотрудников ИППЭС КНЦ РАН, геохимический состав ДО оз. Имандра претерпел значительные изменения по всей акватории вследствие прямого поступления сточных вод предприятий горно-металлургического комплекса (Большая и Йокостровская Имандры) и аэротехногенного загрязнения водосбора озера (Бабинская Имандра). Приводятся количественные показатели содержания металлов на отдельных участках озера.*

*According to the data of the INEP KSC RAS research staff, the geochemical composition of the Imandra lake significantly altered on the whole of its water area due to the mining-metallurgic companies discharging sewage (Bol'shaya and Yokostrovskaya Imandras) and aeroanthropogenic pollution of the lake catchment area (Babinskaya Imandra). Presented are the quantum indexes of the metals content in certain areas of the lake.*

Оз. Имандра расположено на крайнем СЗ Европейской территории России, в глубокой депрессии, простирающейся с севера на юг от Кольского залива Баренцева моря до Кандалакшского залива Белого моря и отделяющей Кольский п-ов от материковой части [1]. Оз. Имандра – самый крупный водоём в Мурманской обл. и одно из крупнейших в Заполярье: его длина – 109 км, средняя ширина – 3.19 км, площадь с островами – 880.4 км<sup>2</sup>, объём – 10.86 км<sup>3</sup>. Общая площадь водосбора составляет 12300 км<sup>2</sup> [9]. Форма озера чрезвычайно сложная, отвечает разнообразию рельефа побережья. Озеро состоит из трёх в значительной мере обособленных плёсов: Большой, Йокостровской и Бабинской Имандры, соединяющихся между собой узкими проливами – салмами. Северная часть – Б. Имандра – дугой огибает Хибинский массив, вытянута в меридиональном направлении. С востока плёс ограничен Хибинским горным массивом, с запада – массивами Волчьей, Монче- и Чуна-тундры. Восточный берег расчленён слабо. Сильно изрезанное западное побережье Б. Имандры изобилует заливами, наиболее крупные – Куреньга, Монче, Вите и Кислая. Б. Имандра по площади водного зеркала уступает Йокостровской, но является самой глубоководной частью озера. Максимальная глубина (67 м) – между о. Сяв и Песчаным наволоком. Йокостровская и Бабинская Имандра простираются в широтном направлении. Йокостровская Имандра имеет наибольшую площадь – 361.9 км<sup>2</sup> – и в двух пересечениях – большую ширину: напротив губы Охтокандской – 18.7 км, в р-не Зашеечной губы – 13.7 км. Эти заливы, а также Тик-губа и Княжая – наиболее крупные. Южный берег этой части, в отличие от ступенчатого СЗ берега, относительно прямолинеен. В западной части плёс соединяется с Бабинской Имандрой через пролив Широкая Салма, имеющим ширину около 0.5 км и наибольшую глубину в этом плёсе (42 м). В Бабинской Имандре расположены самые крупные острова – Ерм и Роват (последний в настоящее время превратился полуостров из-за пересыпки дамбой пролива Узкая Салма). Плёс имеет множество заливов. Самые крупные из них – Уполокша, Пасма, Кунчаст, Молочная, Камка [9].

Интерес к этому уникальному водоёму появился с первых лет промышленного освоения региона. Одним из первых исследователей оз. Имандра был Н. Кудрявцев. В 1890 г. Альфред Петрелиус, входивший в экспедицию В. Рамзая, составил подробную карту озера. Первое подробное описание Имандры, в т.ч. прибрежной зоны и характера распределения донных отложений (ДО), дал известный советский географ Г.Д. Рихтер [11] по результатам работы Имандрской экспедиции Географо-экономического научно-исследовательского института при ЛГУ в 1925-1927 гг. По результатам экспедиции составлена батиметрическая карта (карта глубин) всех плёсов Имандры, используемая до сих пор.

До работ Имандровской экспедиции описание ДО озера не проводилось, все данные сводились к указанию «дно озера каменисто». При глубомерных работах на оз. Б. Имандра систематической регистрации типов ДО не производилось. В процессе съёмки в плёсах Йокостровская и Бабинская Имандра велись записи типов ДО, благодаря чему составлена карта распределения типов грунтов [11]. По результатам исследований Имандровской экспедиции установлено, что наибольшую площадь дна озера составляют разнообразные илы, в меньшей степени – песчаные грунты, по берегам – каменистые грунты. Тогда же сделана находка сапропеля – самая северная в СССР.

Согласно исследованиям прибрежной зоны и характера распределения ДО оз. Имандра под руководством Г.Д. Рихтера [11], большая часть береговой линии представлена скалами, завалами обломков коренных пород – глыб и валунов. Песчаные берега имеют гораздо меньшее распространение. По характеру образования они подразделяются на эрозионные (песчаные обрывы) и аккумулятивные, связанные с наносом песка под действием течений. Кое-где пологие берега представлены торфяными обнажениями и болотами.

До исследований И.В. Баранова [2] в 1960 г. данных о химическом составе ДО оз. Имандра почти не было. Известен лишь анализ одного образца грунта [5]. Летом 1960 г. комбинированным батометром отобрано 50 колонок ДО, в которых определялось содержание органических веществ, гумуса, фосфора, железа.

Исследования Г.Д. Рихтера [11] и И.В. Баранова [2] установили, что каменные грунты обычно залегают до 2-5 м. Но на многих участках озера имеются валунные нагромождения, образующие вытянутые мели – корги». Они нередко являются продолжением островов. В сублиторали каменистые грунты сменяются песчаными с примесью гальки и гравия. Пески, чаще всего мелкие, залегают до 10-15 м. С увеличением глубины содержание илистых осадков в них возрастает. Содержание органического вещества в песках небольшое: величины потерь при прокаливании  $\leq 6-8\%$ . Иловые отложения занимают наибольшую площадь дна озера: выстилают практически всю профундаль. Они имеют разнообразную окраску, но преобладают плотные зеленовато-буровато-серые. Нередко в них обнаруживаются желтовато-буроватые рыхлые рудные включения (железомарганцевые). Илы содержат большое количество органики – ППП = 20-40 %. В некоторых крупных заливах и губах (например, Вите) содержание органических веществ в илах почти в 3 раза больше, чем в глубоководных акваториях (Баранов, 1966). Исследованиями И.В. Баранова установлена обратно пропорциональная зависимость содержания органического материала от глубины озера (рис. 1). Примерно половина органического материала представлена гумусом. На глубине 10-30 м редко обнаруживаются глины, имеющие плотную консистенцию и серовато-палевую окраску. По содержанию органического вещества они незначительно опережают пески.

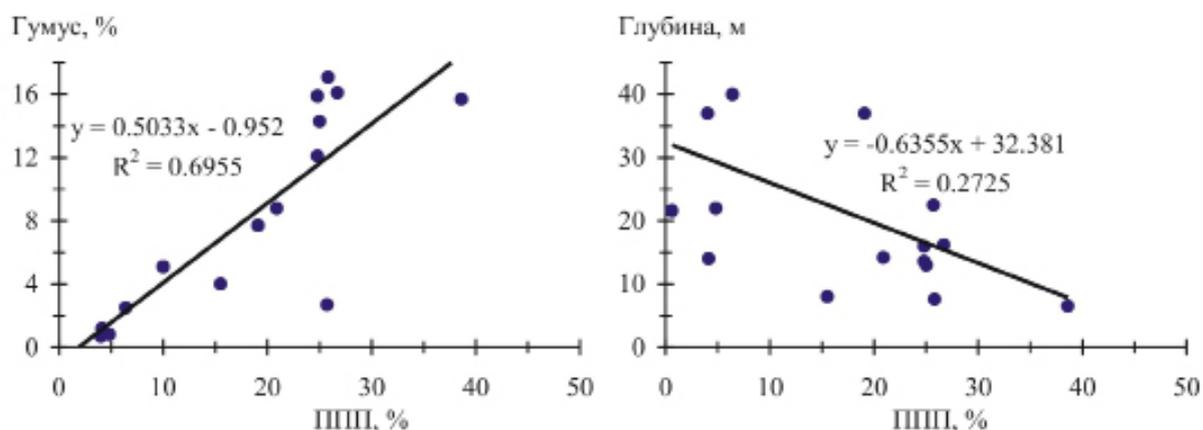


Рис. 1. Регрессионные зависимости содержания органических веществ (ППП – потери при прокаливании) и глубины озера и содержания гумуса в поверхностных ДО (0-4 см). Графики построены по результатам исследования И.В. Баранова [2].

Содержание Р в поверхностных ДО Б. Имандры (вблизи Белой губы) превышали 1000 мкг/г, Бабинской Имандры – 60-70 мкг/г [2]. Северная часть Большой Имандры, куда поступали стоки Оленегорского ГОКа, характеризовалась также повышенным содержанием Fe.

Первые детальные исследования химического состава ДО оз. Имандра в её северной части – Б. Имандре – с определением содержания приоритетных загрязнителей (Ni, Cu, Mn, Fe, P) проведены сотрудниками КФ АН СССР в 1966-1968 гг. [3] Пробы ДО отбирались дночерпателем Экмана-Берджа и анализировались полуколичественным спектральным анализом, поэтому нельзя гарантировать, что построенные схемы распределения валовых содержаний вышеперечисленных элементов отражали реальное распределение элементов в поверхностных слоях ДО Б. Имандры.

В первой половине 1970-х гг. сотрудниками КФ АН СССР продолжены исследования других акваторий оз. Имандра – Йокостровской и Бабинской Имандры [12]. В отличие от предыдущих исследований, пробы ДО отбирались трубками-грунтоносами. Для химического анализа (спектральным полуколичественным методом) отбирались верхние 2-14 см слои ДО, следовательно, картина распределения содержаний 25 элементов, включая тяжёлые металлы (ТМ), отражена более достоверно, чем в предыдущих исследованиях Б. Имандры.

Исследования сотрудников КФ АН СССР в 60-70-х гг. установили высокие содержания в ДО Б. Имандры Ni (600-1000 мкг/г) и Cu (800-3000 мкг/г), главным образом в губах Монче и Куреньга (табл. 1), куда поступали стоки комбината «Североникель» и Оленегорского ГОКа [3]. Максимальные содержания Fe (5-10 % и более) и Mn (4-10 %) выявлены в губе Куреньга. Аномально высокие концентрации валового P (3.5-6.5 %) отмечены в ДО южной части Б. Имандры, куда поступали стоки ПО «Апатит». На выходе из Монче- и Вите-губы содержание P снижается в 20-40 раз (до 0.1-0.3 % и менее). Содержания приведённых элементов в поверхностных ДО Йокостровской и Бабинской Имандры меньше, за исключением Fe. Следовательно, уже в 1960-70-х гг. Б. Имандра в большой степени подвергалась влиянию деятельности предприятий горно-металлургического комплекса (табл. 1).

Таблица 1. Содержание элементов (мкг/г сух. веса) в поверхностных ДО оз. Имандра по результатам исследования сотрудников КФ АН СССР в 1960-1970 гг. [3, 12]

Элементы	Минимальное	Максимальное	Среднее	Элементы	Минимальное	Максимальное	Среднее
Б. Имандра [3]				Йокостровская и Бабинская Имандра [12]			
Ni	30	3000	300	Cr	1	150	100
Cu	30	3000	300	Mn	200	100000	11290
Fe	3000	>100000	15000	Fe	23500	100000	81400
Mn	100	>100000	3000	Co	3	120	60
P	<1000	65000	10000	Ni	13	2000	160
				Cu	15	150	68
Йокостровская и Бабинская Имандра [12]				Zn	10	2000	300
Na	70	30000	20000	Mo	0.1	430	39
Mg	1000	30000	10400	Ga	1	650	80
Ca	3000	100000	28200	Pb	1	60	20
Sr	30	1000	500	Y	10	1700	330
Ba	30	4500	500	Yb	0.1	7	-
Ti	320	4500	1500	Zr	30	800	-
V	10	500	160	Be	0.1	5	2

В 1980-х гг. сотрудники КФ АН СССР изучали химический состав ДО оз. Имандра параллельно с состоянием зообентоса. В основном исследования проводились в зонах влияния промышленных предприятий на экосистему оз. Имандра – губы Монче, Белая, Молочная. Пробы ДО отбирались дночерпателями, химический анализ проводился спектральным полуколичественным методом. Результаты исследований состояния ДО оз. Имандра опубликованы в монографиях [6, 10]. Выяснилось, что в 1980-е гг. загрязнение оз. Имандра усиливалось стоками предприятий горно-металлургического комплекса. Это привело к увеличению концентраций приоритетных загрязнителей в поверхностных ДО. Содержание Ni и Cu в губе Монче в 1983-1985 гг. достигло 12400 и 2100 мкг/г сух. веса соответственно [7]. Среднее содержание Ni и Cu в губе Монче в 1980-х гг. было 7060 и 661 мкг/г сух. веса соответственно [10]. В Белой губе продолжает

интенсивно накапливаться Р – содержания в поверхностных слоях достигают 1 %. Йокостровская и Бабинская Имандра в 1980-е гг. оставались относительно незагрязнёнными ТМ и Р.

Детальные исследования состояния ДО оз. Имандра проводятся со времени образования ИППЭС КНЦ РАН (конец 1980-х гг). Результаты исследований опубликованы в монографиях и послужили основой диссертаций [например, 4, 8-10].

Вследствие загрязнения сточными водами горно-металлургического комплекса, коммунально-бытовыми стоками, химический состав ДО озера претерпел серьёзные изменения. В поверхностных слоях ДО губ Монче, Куреньга и Белая происходит лавинное увеличение концентраций Ni и Cu по сравнению с глубокими фоновыми слоями. В Монче-губе, куда сливаются сточные воды комбината «Североникель», концентрации Ni увеличились с 50 до 16000 мкг/г (или с 0.005 до 1.6 %), т.е. в 320 раз. Концентрация Cu увеличилась более чем в 50 раз (с 25 до 1400 мкг/г) (рис. 2).

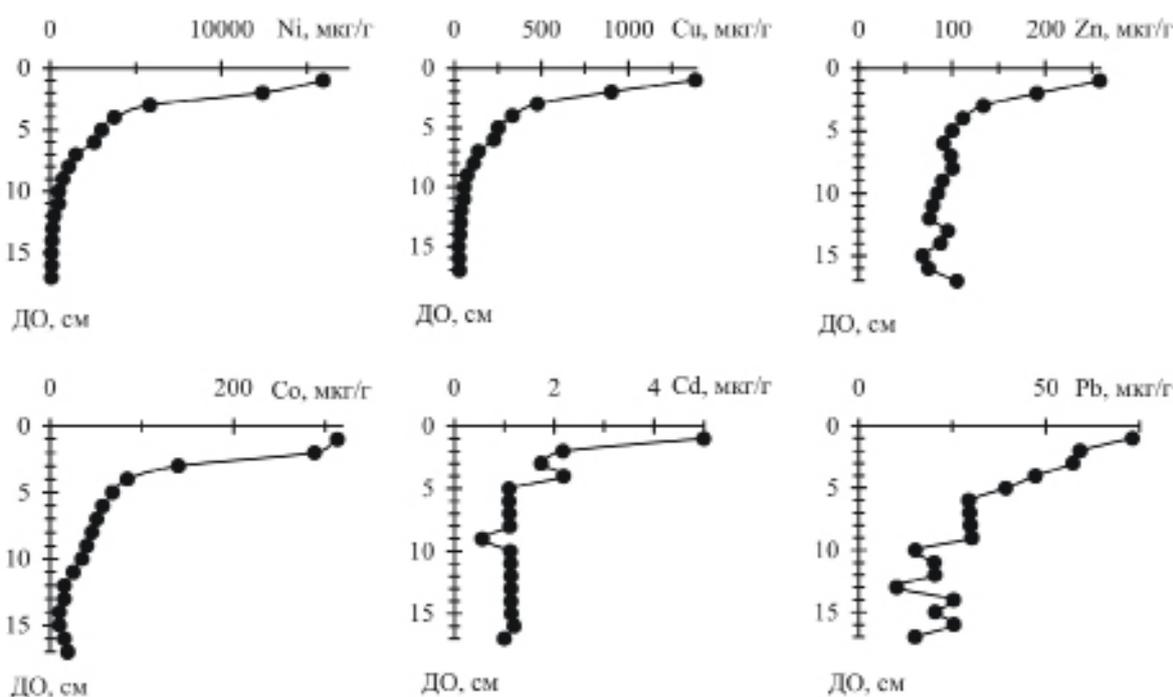


Рис. 2. Вертикальное распределение концентраций ТМ в ДО Монче-губы.

В губе Куреньга наряду с ростом концентраций Ni и Cu увеличивается содержание Mn (с 0.26 до 2.7 %) и Fe (с 3 до 8.5 %). Это связано с влиянием сточных вод Оленегорского ГОКа, разрабатывающего и обогащающего магнетит-гематитовые кварциты. Максимальные концентрации Mn и Fe наблюдаются на глубине 3 см, в поверхностных 2 см происходит снижение содержаний этих металлов вследствие ввода с 1975 г. 100 %-ного обратного водоснабжения, позволившего сократить сброс стоков ГОКа. Но концентрации Mn и Fe не соответствуют доиндустриальному уровню – периодически возникают ситуации, когда загрязняющие вещества продолжают поступать из хвостохранилища Оленегорского ГОКа.

В Белой губе повышенные содержания Ni и Cu по сравнению с фоновыми отмечены в слое 1-2 см – 39 и 803 мкг/г по Ni и 114 и 326 мкг/г по Cu не выявили Существенного увеличения других металлов в поверхностных слоях ДО Белой губы. Эти элементы имеют повышенные содержания в целом по всей колонке ДО Белой губы. Это может быть связано с выносом обломочного материала р. Малой Белой с Хибинского щелочного массива и длительным влиянием сточных вод ПО «Апатит» на формирование состава ДО Белой губы. Также отмечена повышенная скорость осадконакопления вследствие поступления огромного количества сточных вод (80-250 млн. м<sup>3</sup>/год), содержащих значительные концентрации взвешенных веществ и представленных, в основном, продуктами переработки апатитово-нефелиновых руд.

В Зашейковской губе, недалеко от истока р. Нивы, вытекающей из оз. Имандра, также прослеживается аккумуляция Ni и Cu, отмеченная на акватории Б. Имандры. Увеличение концентраций Ni в поверхностных слоях по сравнению с фоновыми произошло более чем в 20 раз (с 30 до 700 мкг/г), Cu – более чем в 5 раз (с 30 до 153 мкг/г). Наряду с Ni и Cu, наблюдается рост содержания Mn в 6 раз (с 0.08 до 0.55 %), Ca – с 0.03 до 0.28 % и Sr почти в 30 раз (с 3 до 83 мкг/г). Отмечен рост других щелочных и щелочноземельных металлов (K, Na, Mg), что связано с влиянием сточных вод ПО «Апатит» и Африкандского рудоуправления с повышенной концентрацией Ni, сульфатов и флотореагентов. Вместе с тем, наблюдается устойчивая тенденция снижения концентраций Al к поверхности ДО. Изучение химического состава толщи ДО Зашейковской губы важно, т.к. через эту акваторию происходит сток практически всего растворённого и взвешенного материала, поступившего в оз. Имандра с промышленными стоками предприятий и с территории водосбора и не осевшего на дно озера.

В Молочную губу Бабинской Имандры сбрасываются подогретые на 10-12 ° С воды, используемые для охлаждения агрегатов Кольской атомной электростанции и забираемые из Глубокой губы Йокостровской Имандры. Поэтому акватория Молочной губы, наряду с тепловым загрязнением, испытывает влияние более загрязнённых вод Йокостровской Имандры. Вследствие этого в поверхностных слоях наблюдается рост концентраций Ni, Cu и Pb примерно в 3 раза (с 50 до 160, с 30 до 87 и с 15 до 40 мкг/г соответственно), Zn с 70 до 100 мкг/г, Sr более чем в 15 раз (с 5 до 83 мкг/г). Вместе с тем, отмечено снижение концентраций Mn, Fe, Mg и Al.

Удалённые западные акватории Бабинской Имандры – губы Уполокша и Камка – не подвержены прямому влиянию сточных вод предприятий горно-металлургического комплекса, но в их ДО отмечен рост концентраций Ni, Cu, Co, Pb, Mn, Fe, Sr вследствие аэротехногенного загрязнения водосбора Бабинской Имандры. Вероятно поступление загрязняющих веществ через протоку между Йокостровской и Бабинской Имандрами – Широкою Салму – во время ветровых нагонных течений восточного направления, особенно осенью (октябрь-ноябрь).

#### Список литературы

1. Атлас Мурманской обл. Мурманск, 1971. 33 с.
2. Баранов И.В. Природные особенности водохранилищ Мурманской обл. // Рыбы Мурманской обл. Условия обитания, жизнь и промысел. Мурман. кн. изд-во. 1966. С. 24-32.
3. Беляева Г.В., Чижиков В.В., Воробьёва Д.Г., Дольник Т.В., Косинова Н.Р. Окончательный отчёт по теме 2-66-16 «Комплексное изучение и охрана оз. Имандра. Раздел: Комплексное изучение и охрана оз. Б. Имандра». Апатиты: изд-во КФ АН СССР, 1971.
4. Даувальтер В.А. Закономерности осадконакопления в водных объектах Европейской субарктики (природоохранные аспекты проблемы) // Автореф. дис. д.г.н. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 1999. 52 с.
5. Кошкин В.Д., Кузнецов С.И., Сперанская Т.П. Состав органического вещества иловых отложений различных озёр. М.: Тр. лимнолог. станции в Косине, 1939. № 2.
6. Крючков В.В., Моисеенко Т.И., Яковлев В.А. Экология водоёмов-охладителей в условиях Заполярья. Апатиты. 1985. 132 с.
7. Крючков В.В., Моисеенко Т.И. Оценка современного состояния экосистемы оз. Имандра. Основные проблемы. Апатиты: фонды КНЦ РАН, 1987.
8. Моисеенко Т.И., Родюшкин И.В., Даувальтер В.А., Кудрявцева Л.П. Формирование качества вод и донных отложений в условиях антропогенных нагрузок на водоемы арктического бассейна (на примере Кольского Севера). Апатиты: изд-во КНЦ РАН. 1996. 263 с.
9. Моисеенко Т.И., Даувальтер В.А., Лукин А.А. и др. Антропогенные модификации экосистемы оз. Имандра. М: Наука, 2002. 487 с.
10. Моисеенко Т.И., Яковлев В.А. Антропогенные преобразования водных экосистем Кольского Севера. Л.: Наука, 1990. 221 с.
11. Рихтер Г.Д. Физико-географический очерк оз. Имандра и его бассейна. Л. 1934. 144 с.
12. Чижиков В.В. Гидрохимия и донные отложения оз. Имандра под влиянием техногенного загрязнения // Экосистема оз. Имандра под влиянием техногенного загрязнения. Апатиты. 1980. С. 24-64.

## Топонимика Хибин<sup>1</sup>

Дудорева Д.А.

Кировский историко-краеведческий музей, Кировск

## The Khibiny toponymy

Dudoreva D.A.

*Топонимика Хибин отражает историю освоения, географические и геологические особенности региона. Объектам присваивались имена саамского происхождения, имена первых исследователей Хибин, геологические названия. Понимание топонимов, большая часть которых на саамском языке, важно в культурно-образовательных и практических целях.*

*The Khibiny toponymy reflects the history of development, geographical and geological peculiarities of the region. The objects were given Sámi names, those of pioneer researchers of the Khibiny and geological ones. Understanding toponyms, their major part being in Sámi language, is vital in cultural-educational and practical purposes.*

Топонимика – наука, изучающая географические названия, их происхождение, смысловое значение, развитие, современное состояние, написание и произношение. Знание топонимики Хибин как части истории нашей малой Родины важно для любого культурного и образованного северянина. Оно также поможет грамотно ответить на вопросы приезжих о происхождении необычных местных названий. Знать топонимику для путешествующих в горы важно из практических соображений.

В нач. XVI в. московские землемеры приступили к составлению «чертежей» (карт) пограничных областей Российского государства, в первую очередь западных. В числе прочих составлена карта «Корельские и Лопские земли к Мурманскому морю». Она не сохранилась, но известно, что на ней обозначены оз. Имандра и «горы Будринские» на его берегу. Вероятно, название гор произошло от «будра» – так поморы называли растение, произраставшее в Кандалакшской губе. Позднее горы стали именоваться Хибинами. Вероятно, название произошло от слова «хибень» (предположительно, финского происхождения), которое употребляли на Кольском п-ове и в Архангельской обл. в значении «плоская возвышенность, плоскогорье». Саамы считали Хибинами два массива: Умбозёрский и Ловозёрский. Умбозёрские Хибинны иначе звали Умптек – «Закрытые горы» («умп» – «закрытый»), Ловозёрские – Луяврурт. Сейчас Хибинами называют только горный массив между оз. Имандра и Умбозером. В свою очередь, Хибинны делят на Шур-Умптек – «Большие Хибинны» («шур» – «большой») и Утс-Умптек – «Малые Хибинны» («утс» – «малый»). Утс-Умптек (западная, меньшая часть Хибин) простирается от оз. Имандра до долины р. Кунийок, Шур-Умптек (восточная часть Хибинских тундр) – от долины р. Кунийок до Умбозера – «Закрытого озера», зажато между Ловозёрским и Хибинским горными массивами.

Большинство названий на карте Хибин – на саамском языке. Из-за многочисленных саамских диалектов, существенно отличающихся между собой, возникают трудности перевода, поэтому некоторые рассматриваемые топонимы могут иметь иное значение. Другая причина путаницы толкований в том, что у народа Лапландии долгое время не было письменности, слова передавались «из уст в уста», постепенно искажаясь. Кроме того, первая подробная географическая карта Хибин – «карта Рамзая» – составлена участниками финской экспедиции, и все названия записаны латинскими буквами. В «ферсмановский» период изучения Хибин «карта Рамзая» была переведена, исправлена и дополнена. Часть топонимов придумал Александр Евгеньевич и его команда, стараясь использовать корни саамских слов. Русские и финские исследователи записывали саамскую речь на слух, а её не всегда можно правильно транскрибировать при помощи кириллицы или латинского алфавита.

Для простоты воспользуемся «словарём» кильдинского и екостровского диалектов – самых распространённых в этой части п-ова. По саамским правилам словообразования, сначала давалось название реке, от него образовывалось название долины, затем – горного хребта (у) этой долины. Первый корень – характеристика объекта (длинный, скалистый, облачный и т.д.), второй – его определение (гора, озеро и т.п.). Переводить саамские топонимы нужно с конца. Ниже приведены наиболее употребляемые корни, от которых образованы географические объекты Хибин:

<sup>1</sup> Доклад на областной конференции, посвящённой 75-летию Кировского историко-краеведческого музея, г. Кировск, 22-23 апреля 2010 г.

*Вум, вуэм* – долина: *Кукис + вум* = Кукисвум – «Длинная долина» (от «кукес» – «длинный»).

*Чорр* – горный хребет с плоской вершиной: *Кукис + вум + чорр* = Кукисвумчорр – «Горный хребет с плоской вершиной (у) длинной долины». Часто для простоты перевода *чорр* упрощают до «горы», то же допустимо со словами *норр* – горный хребет с острым гребнем; *пахк* – гора с голой вершиной; *чокк* – горный пик, острая вершина возвышенности; *варрь, варрэ* – (от русского «варака») – холм или горка.

*Корр, горр* – ущелье: *Чорр + горр* = Чоргорр – «Горное ущелье».

*Лак, лог* – нишеобразное понижение склона горы, пологий участок склона.

*Ниецке, нюэцк* – горный перевал.

Суффикс *-енч* придает слову уменьшительное значение, например: *уййв* – голова, вершина горы, *уййвенч* – головка, вершинка горы; *нюн* – нос, полого спускающийся в низину выступ возвышенности, отрог, *ненынч* – «носок», выступ горы, отрожек.

Названия, связанные с водоёмами, совпадают практически на всех диалектах:

*Йок, иок* – река; *луут, лухт* – залив, губа: Лутнермйок (старое название р. Малой Белой) – «Река с заливом-поймой» (от «нерм» – «заливной берег», «пойма»).

*Явр, явьрь, еурь* – озеро. Кстати, один из самых часто задаваемых вопросов – «откуда пошло название оз. Имандра?» – пока не имеет ответа. Саамы называли оз. Большая Имандра Оэверь или Аэверь – «Открытое озеро» (от *авв* – открытый).

*Нюр* – подводный камень, подводная отмель: Нюръявр – «Озеро с подводной отмелью».

*Суол* – остров (определение также относится и к отдельно расположенным вершинам гор): Суолауйв – «Вершина-остров» или «Отдельная вершина».

*Нярк* – мыс, п-ов: Чиврнярк – «Галечный мыс» (от «чивр» – «галечник»).

*Уай* – ручей: Кедикуай – «Каменистый ручей» (от «кедьк» – «камень»).

Большое количество саамских топонимов связано с животными, в первую очередь с северным оленем, главным источником пищи и одежды народов Севера:

*Поадз, пуадз* – олень: Поачвум – «Оленья долина», Поачвумчорр – «Гора (у) оленьей долины», Поачвумйок – «Река оленьей долины». Названия даны А.Е. Ферсманом – в этой долине его отряд повстречал дикого северного оленя.

*Тули* – (оленья) шкура, постель: Тулийок, р. Тулья – «Река оленьей шкуры», Тулилухт – «Залив оленьей шкуры». Есть версия, что название образовано от слова «тулье» – «задерживать», «препятствовать» – «Задерживающая река». Тулийок очень полноводна, протекает по долине, которой саамы пользовались для перегона своих стад от Ловозёрских тундр через Хибины на юг – река могла препятствовать продвижению оленей. С другой стороны, Тулилухт очертаниями похож на оленью шкуру, что оправдывает второй вариант перевода.

*Партэм* – кормление, природные олени корма: Партомчорр, Партомпорр – «Гора, где кормятся олени», Партомйок – «Река (у) оленьих пастбищ».

*Намм* – бархатистая шкурка на оленьих рогах: Намауйв – «Бархатная вершина».

*Ангесь* – изгородь для ловли диких оленей: Ангесьненынч (бывшее название горы Хибины) – «Отрожек у загона для диких оленей».

Помимо оленей упоминаются другие животные, имеющие не только промысловое значение:

*Маий* – бобёр: Майвальтайок – «Река бобровых владений» (от «вальтэ» – «брат», «взять», дословно «Река, взятая бобрами»). Топоним свидетельствует о том, что раньше бобры водились на всём Кольском п-ове, в т.ч. в Хибинах, пока не были истреблены людьми.

*Рытп, рехп* – куропатка: гора Рышнецк – «Куропатчий перевал» (на карте Рамзая этот отрог обозначен как Вантомнюцк – «Пеший перевал», от «ванньтсе» – «идти пешком»).

*Валленахк* – «Соколиная гора» (от «вале» – «сокол», «ястреб»).

*Часначорр* – «Дятлова гора», Часнайок – «Дятлова река» (от «чашнь» – «дятел»).

*Манне* – яйцо: Маннепахк – «Яичная гора». Скорее всего, гора названа так не из-за формы, а из-за обилия гнездовой птиц на склонах.

*Шаддь* – сиг: Шаднюн – «Сигов отрог».

*Куль* – рыба: Куэльпорр – «Рыбный хребет» (название придумано А.Е. Ферсманом): по форме отрог напоминает голову большой рыбы. Это название – саамский каламбур, дословно переводится: «Рыбу ешь!» (от глагола «поррэ» – «кушать»).

*Йидыч* – голец: Йидычвумчорр – «Гора гольцовой долины», Йидычйок – «Гольцовая река», Гольцовка. Хребет, замыкающий долину Гольцовки на юге, на картах обозначен как Юдычвумчорр – «Гора (у) гудящей долины» (от «юдтэ» – «гудеть»). Но скорее всего, Юдычвумчорр – это искажённое Йидычвумчорр.

Наиболее известны саамские названия гор и озёр, расположенных вокруг Кировска. Осо-

бенно часто Кировчане и гости города произносят «Вудъявр» (благодаря одноимённому развлекательному центру), но не все знают значение этого слова. Появилась даже фантастическая версия: Вудъявр – «Озеро чёрного дьявола». На самом деле всё гораздо прозаичнее, саамы не стремились поэтизировать названия, предпочитая простые характеристики. У корня этого слова два значения: 1. «вуд» – «возвышенность, поросшая кустарником»; «верхняя безлесная часть горы», 2. «выэд» – отдельная гора; вершина, покрытая густой растительностью. По смыслу они похожи, получаем: Вудъявр – «Озеро (у) поросшей кустарником возвышенности» или «Горное озеро», Вудъяврчорр – «Хребет у озера на возвышенности» или «Хребет у горного озера».

Ещё одно название, вызывающее споры – г. Айкуайвенчорр, у подножия которой расположен Кировск. «Айк» имеет два значения: 1. – «божество женского рода», «мать бога», 2. – «время», «возраст». Название горы можно перевести как «Горный хребет с древней голов(к)ой» или «Горный хребет с голов(к)ой матери бога». Поскольку часть горы действительно похожа на профиль спящей женщины, второй вариант перевода более адекватен.

Некоторые саамские названия говорят о форме и размерах объекта: Кукисвумчорр (см. выше), Юкспорр – «Гора, изогнутая луком» (от «юкс» – «лук», «дуга»). Топоним Рестинюн – «Крестовый отрог» (от «рыст» – «крест») – говорит скорее не о форме горы, а о том, что, возможно, некогда что на её вершине стоял православный крест – таково мнение специалиста по саамской культуре и языку Э. Галкиной.

Понимая смысл саамских названий, путешественник может догадаться, что ожидает его в том или ином месте. Например, зная, что Кальюк переводится как «Река, переходимая вброд» (от «кале» – «переходить вброд»), можно не опасаться трудной переправы. Подходя к Тахтарвум – «Долине желанного отдыха» (от «тахте» – «хотеть», «желать»; «арре» – «отдых»), оз. Тахтаръявр и г. Тахтарвумчорр, можно предвкушать отдых в живописнейшем месте северных гор. Верховья Каскаснюйок – «Реки можжевельного отрога» (от «каэскас» – «можжевельник») – встретят зарослями можжевельника, на берегу Рисйок – «Берёзовой реки» (от «рисс» – «березняк», «лозняк», «хворост») – придётся продираться через густые заросли северных берёзок. К сожалению, «Травянистая долина» Расвум (от «рассь» – «трав») сейчас засыпана каменными отвалами Центрального рудника, и теперь ей больше подходит название Кедиквум – «Каменистая долина». Ньюркахк – «Гора-свистунья» (от «ньюркед» – «свистеть») – предупреждает о лавинах, часто сходящих со склонов «со свистом». С Китчепахк – «Дозорной горы» (от «киччед», «киихчед» – «наблюдать») – хорошо просматривается равнина к югу от Хибин.

Некоторые топонимы рассказывают о занятиях саамов или давних событиях. Название Кунийок – «Зольной реки» (от «кунн» – «зола») – может свидетельствовать о некогда случившемся лесном пожаре в долине реки или о том, что здесь часто горели костры саамских стоянок. Оз. Гольцовое раньше носило имя Пайкунъявр – «Верхнее Зольное озеро» (от «пайй» – «верхний»). Многие исследователи отмечают, что один из хребтов долины Кунийок – Путеличорр – «Гора пришлых жителей» (от «пуэттед» – «пришлый житель») – назван саамами после того, как здесь основали базовый лагерь русские исследователи – отряд А.Е. Ферсмана. Но это название встречается ещё на карте Рамзая, т.о. оно существовало задолго до появления в Хибинах Ферсмана и связано с другими «пришельцами». Охотиться саамы, по-видимому, предпочитали неподалёку от хребта Эвслоччорр, там же был их «склад продовольствия», т.к. «эвес» – «пища, запасаемая охотниками в месте охоты». С охотой связано ещё одно название – Палгасвумчорр – «Хребет долины охотничьей тропы» (от «пальгес» – «охотничья тропа»). Им на карте Рамзая отмечен красивейший отрог горы Юдычвумчорр, по форме похожий на волну, парус или клюв птицы.

Многих интригуют названия Юмъчорр («Хребет мертвецов») и Юмъкор («Ущелье мёртвых», от «яммей» – «мёртвый»). Старое предание гласит, что в конце XVI в. на Екостровский погост напали «шветы». Часть неприятелей саамы заманили в это ущелье и убили. Остальные погибли под лавиной, сошедшей с крутого склона горы. Другое загадочное место – Ловчорр – часто переводится как «Крепкая гора» (от «ллой» – «сильный», «крепкий»). Раньше в её окрестностях находились сейды, которым поклонялись саамы, потому Ловчорр следует переводить как «Сильная гора» или «Гора силы».

В саамских топонимах Кольского п-ова часто встречаются имена. Как правило, географические объекты наделялись именами живших поблизости или тех, чья судьба была с ними связана. Водоёмы называли именами утонувших в них людей. Доподлинно неизвестно, жила ли на р. Вуоннемийок – «Тёщиной реке» (от «вуонне» – «тёща») – чья-то тёща или там с ней произошло несчастье. В Хибинах есть «Тимофеев ручей» – Тымшаеуай (Тыммаш – Тимофей) – и «Гора Якима (Якова)» – Якимпахкчорр. Массивные хребты Лявочорр и Северный Лявочорр, занимающие значительную часть Хибин, как ни странно, редко упоминаются в списках переводов саамских

топонимов. Если принять версию с именами, то Лявочорр – «Гора Ляви», от старинного мужского саамского имени Ляви (Леви). Этот вариант толкования предложен ловозёрскими саамами, разговаривающими на кильдинском диалекте. С другой стороны, Лявочорр можно перевести как «Раскинувшаяся гора» (от «лявв» – «развешивать» или «леввэ» – «развернуть»): если смотреть на неё сверху, очертания напоминают распустившийся цветок.

Не только саамские имена стали топонимами. Уже на карте Рамзая появились названия, данные финской экспедицией в честь предыдущих исследователей Хибин: горы Кудрявцева, Рабо и возвышенность Миддендорфа. Н.В. Кудрявцев – русский исследователь, побывавший в Западных Хибинах в 1880 г.; Ш. Рабо – французский учёный, в 1884 г. измеривший высоту «своей вершины» с помощью анероида; А.Ф. Миддендорф – знаменитый русский исследователь, путешествовавший в 1840 г. по Кольскому п-ову и давший петрографическое описание западных склонов Хибин. Участники экспедиции Рамзая не нарекли своими именами географические объекты, но их вклад в изучение Хибин высоко оценили русские коллеги, и фамилии финских учёных были увековечены на карте. Одно из ущелий Западных Хибин названо в честь руководителя экспедиции В. Рамзая. Две горы долины р. Малой Белой – в честь ботаника группы Оствальда Чильмана (Кильмана) и геодезиста Альберта Петрелиуса (на г. Петрелиуса есть два одноимённых перевала – Восточный и Западный, от неё берёт начало ручей Петрелиуса). В честь геолога Виктора Гакмана названа узкая извилистая долина, образованная Юкспорром. Огромный вклад в исследование Хибин внёс акад. Ферсман. Его именем названы ручей, перевал и гора, на которых он побывал в первой экспедиции. Имя учёного присвоено горной вершине в 1940 г. Позднее на туристических картах «Горой Ферсмана» стали отмечать вершину Палгасвумчорр. В действительности, 30 августа 1920 г. учёный поднялся на плато Юдычвумчорр. Имя Ферсмана носят ущелье и цирк в центральной части гор (сейчас ущелье отмечают на картах как перевал Щель).

С экспедицией Ферсмана 1922 г. связано название одного из перевалов. Исследователи тщетно искали в долине Кальйок её левый приток, отмеченный на карте Рамзая. Вместо реки они наткнулись на горный перевал, который назвали Обманным. В результате экспедиций учёные-первопроходцы собрали много ценного научного материала, в честь самих исследователей – представителей Академии наук СССР – названо красивое высокогорное оз. Академическое.

Перевал географов появился на картах благодаря студентам Петроградского географического института, участникам почвенной экспедиции проф. Н.И. Прохорова, поднявшимся на перевал осенью 1920 г. Цирк Ганешина справа от перевала получил имя в память о начальнике ботанического отряда АН СССР проф. С.С. Ганешине, трагически погибшем здесь в 1930 г. Поскольку цирки – потенциальные лавинные очаги, давать им имена стали в том числе для удобства Противолавинной службы. В память о трагедии 1935 г., когда лавина со склона Юкспорра унесла жизни 88 человек, назван Цирк 5 декабря. Рядом с ним – цирк Пронченко, названный именем начальника службы снегоборьбы, погибшего здесь под лавиной 25 декабря того же года. Сейчас цирк Пронченко практически разрушен в результате многолетних работ по добыче апатита. Подъёмным А.Е. Ферсман назвал цирк, через который в 1920-е гг. отряды исследователей поднимались на плато Расвумчорр. У подножия цирка Ботанического в 1931 г. основан Полярно-альпийский сад-институт. Территория всего цирка является заповедной. В Хибинитовом цирке в 1930-е гг. велась добыча хибинита, а в 1970-х гг. на месте карьера построены трамплины. В одном из трёх молибденовых цирков в 1930-х гг. велась добыча молибденита, но проект оказался нерентабельным, и опытный рудник вскоре был заброшен.

Большое количество топонимов знаменуют эпоху бурного промышленного освоения Хибинских недр: в Апатитовой горе, названной так в 1930 г. геологом Б.М. Куплетским, с 1929 г. велась добыча апатита (сейчас гора наполовину разрушена); в Пирротиновое ущелье – пирротина; в Астрофиллитовое ущелье некогда на стенах красовались гигантские звёзды золотистого астрофиллита, но варварская добыча при помощи взрывчатки разрушила этот памятник природы; Иолитовый отрог, Нептунитовый ручей. Эти топонимы представляют интерес для узкого круга специалистов.

В конце 1930-х гг. топографическая карта Хибин полностью заполнена и откорректирована. Некоторые географические названия, данные участниками ферсмановских экспедиций, не прижились: перевал Скалистый теперь значится на картах как Северный Чоргорр, Горийок – р. Перевальная, ущелье Комариное (название дано спутницей Ферсмана – Н.Н. Гутковой в 1932 г.) в народе зовут Чёртовым пальцем. Когда-то Ферсман назвал долину, реку и перевал между Кукисвумчорром и Юкспорром Лопарскими. Со временем реку переименовали в р. Саамку, Лопарской долиной теперь называют долины Вуоннемийок или Тудийок, что создаёт путаницу. Название речушке Варткеуай «вуэгкэ» – «шуметь», «гремять») – «Шумный ручей» – дал Ферсман,

но согласно приведённому словарю, Варткеуай – «Караульный ручей» (от «вартед» – караулить).

Со временем новые названия небольших географических объектов (перевалов, цирков, небольших ущелий) стали появляться на туристической карте Хибин. В 1962 г. вершина одного из отрогов Кукисвумчорра названа пиком Марченко. Существует версия, что название дано топографами в память о погибшем товарище. На хребте Юмьечорр отмечены Западный и Восточный перевалы Арсеньева. Названы они не в честь известного писателя и исследователя Дальнего Востока В.К. Арсеньева, а по фамилии первопроходца Восточного перевала – московского туриста В. Арсенина, совершившего маршрут зимой 1963 г. Постепенно на туристических картах его фамилия искажилась до Арсеньева. За Западным перевалом название закрепилось автоматически, хотя В. Арсенин его не проходил.

Самое экзотическое название на Хибинской карте – Аку-Аку – носит большая расщелина на западном склоне Хибинпахчорр. Некоторые скалы расщелины напоминают моаи – знаменитые каменные изваяния о. Пасхи. Аку-Аку на языке народа Пасхи – имя духа-покровителя острова и повелителя моаи. Топоним возник в конце XX в. и быстро обрёл популярность среди туристов. От него пошла волна неотопонимов. Желая отразить впечатления от того или иного живописного или экстремального места, туристы ежегодно выкладывают в Интернет отчёты о путешествиях, в которых неизменно встречаются неотопонимы: перевал Каюк, ущелье Шорохов, озёра Ведьмины котлы. Отношение к неотопонимике неоднозначное: одни говорят о её безвредности и помощи в планировании небольших походов, другие ратуют за «чистоту и самобытность топонимики Хибин».

При написании статьи использовались работы: «Географические названия на карте Хибин» (Б.Н. Ржевский, 1999), «Топонимы Хибинского края» («Живая Арктика», № 1, 2004), «Топонимы Мурмана» (А.А. Минкин, 1976), «Тундра хранит след» (Б.И. Кошечкин, 1979), «Туристские путешествия по Кольскому п-ову» (О. Славинский, 1969) «Воспоминания о камне» (А.Е. Ферсман), «Наш апатит» (А.Е. Ферсман), Саамско-русский словарь (под ред. Р.Д. Куруч, 1985). Также использовались материалы сайта «Хибинские топоказусы» Е. Голикова; [www.murmantourism.ru](http://www.murmantourism.ru); [wikipedia.org](http://wikipedia.org). Автор благодарит директора национального центра с. Ловозера Э. Галкину за консультацию.

**Геолого-геохимическая служба «Тьетты» в 1930-е гг.  
малоизвестные и ненаписанные страницы**

Дюжилов С.А.

Кольский филиал Петрозаводского государственного университета, Апатиты, [dyuz\\_arcticsu@mail.ru](mailto:dyuz_arcticsu@mail.ru)

**Geological-Geochemical Survey of the «Tietta» in the 1930's:  
little-known and unwritten pages of history**

Dyuzhilov S.A.

*В статье предпринимается попытка воссоздать историю становления геолого-геохимической службы Хибинской горной исследовательской станции (Кольской базы Академии наук) в 1930-е гг. Рассмотрены её институализация, структуризация, проблема кадрового обеспечения, результативность геолого-минералогических исследований. Отмечена роль геологов и геохимиков в изучении природных богатств Кольского п-ова.*

*The article attempts at reconstructing the genesis of the Geological and Geochemical Survey of the Khibiny Mining Research Station (Kola Station of the Academy of Sciences) in the 1930's. Considered are its becoming an institute and originating its structure, the issues of the staff supply and efficiency of the geological and mineralogical investigations. Highlighted is the role of geologists and geochemists in the investigation of mineral resources of the Kola Peninsula.*

Становление геолого-геохимической службы «Тьетты» охватило практически всё предвоенное десятилетие. Процесс институализации и структуризации проходил в два этапа. Условной границей между ними можно считать 1935 г. Ровесницей Хибинской горной станции (ХИГС) и её первым стационарным подразделением была геохимическая лаборатория, созданная во многом благодаря С.Г. Цейтлин и И.Д. Борнеман-Старынкевич. И.Д. Борнеман-Старынкевич, ставшая первой заведующей химлабораторией, её основательницей справедливо считала Софью

Григорьевну. Ещё в 1930 г. она завезла в старый дом первое оборудование, которое разместили в комнатке площадью 9 м<sup>2</sup>. На первых порах работа лаборатории ограничивалась качественными определениями. К апрелю 1932 г. в распоряжение химиков перешли четыре комнаты в новом большом доме общей площадью 96 м<sup>2</sup> и необходимое оборудование: столы, вытяжные шкафы, печи, термостаты, электронные бани, химическая посуда и реактивы. С июня того же года здесь работали пять научных сотрудников, из них двое (И.Д. Борнеман-Старынкевич и Г.М. Ермолин) – постоянно, остальные приезжали каждое лето для приобретения навыков анализа редких элементов, характерных для Хибинских тундр. В то время лаборатория оставалась филиалом Геохимического института (ГЕОХИ), осуществлявшим общее научное руководство и финансирование лаборатории. Об этом свидетельствует «Положение о ХИГС от 25 июля 1932 г.» [1]. Химико-технологическое направление исследований, зародившееся на «Тиетте», получило развитие в послевоенный период.

Воспоминания И.Д. Борнеман-Старынкевич о становлении лаборатории опубликованы на страницах «Хибиногорского рабочего». «Первый год работы в этой лаборатории без электричества, с керосиновым освещением и керосиновым нагреванием при помощи примусов, был довольно трудным. Здание ещё не было оштукатурено, брёвна расходились, и ветер задувал во все щели, наметая в лаборатории кучи снега. Тёмные коридоры здания освещались лишь фонарями «летучая мышь», а в лаборатории горели три керосиновые лампы, обычно с наполовину отбитыми стёклами» [12]. В 1933 г. здание было отремонтировано, проведено электричество, стала поступать справочная и иностранная литература. На лабораторию были возложены три основные задачи: геохимическое изучение минералов Хибинского массива, обслуживание минералогических и геологических партий полевыми анализами и консультация центральной лаборатории треста «Апатит». По мере расширения изыскательских работ на Кольском п-ове углублялось и поле деятельности химиков станции. Этому в немалой степени способствовал акад. А.Е. Ферсман. Из воспоминаний И.Д. Борнеман-Старынкевич: «Александр Евгеньевич интересовался работой каждого химика, требовал, чтобы мы писали статьи о новых анализированных нами минералах, о новых и усовершенствованных методах анализа, и всегда считал химиков вполне равноправными с геологами научными сотрудниками, оказывая нам даже иногда предпочтение. Александр Евгеньевич зажёг в нас любовь к хибинскому камню, и каждый работник по-своему претворял её в жизнь: точными анализами новых минералов, разработкой методик, интерпретацией химического состава в виде определённых кристаллохимических формул, систематическим обследованием большого количества минералов на редкие земли, ниобий и тантал и т.д.» [14].

Первые четыре года ХИГС не вела самостоятельных геолого-петрографических и минералого-геохимических исследований. Впервые они проведены в 1934 г. И.Д. Борнеман-Старынкевич стала автором первого химического анализа хибинского апатита. В 1935 г. на станции стали работать В.С. Быкова и Т.А. Волкова, разработавшие методику определения редких элементов, в первую очередь ниобия и тантала в минералах и породах, богатых титаном. Одновременно разворачивалась экспедиционная деятельность, организованная хибинским стационаром совместно с центральными институтами Академии наук (при финансовой поддержке треста «Апатит»). Активное участие в ней принимали М.А. Лаврова, Л.В. Комлев, О.А. Воробьёва, А.Н. Лабунцов, Е.Е. Костылёва, Н.Н. Гуткова, Б.М. Куплетский, Н.И. Соустов и др.

С ростом хозяйственного строительства в регионе росло значение академической науки. В мае 1935 г. в Хибинах побывал заместитель председателя Комитета по заведыванию филиалами и базами Академии наук Я.Ф. Шаров. По его докладу Президиум АН СССР принял постановление, в котором предусматривалось создание геологического сектора на Кольской базе [4]. Развитию геолого-минералогических исследований способствовала подвижная деятельность зам. А.Е. Ферсмана академического стационара И.Д. Чернобаева.

Весной 1936 г. окончательно организован геолого-геохимический отдел Кольской базы под общим руководством А.Н. Лабунцова. Он состоял из геолого-минералогического и геохимической лабораторий, в которых работали восемь научных сотрудников (геологи А.Н. Лабунцов и В.Х. Дараган, химики: Б.Н. Мелентьев, И.Д. Борнеман-Старынкевич, В.С. Быкова, М.И. Волкова, З.М. Гилева и А.С. Тереховко) [2]. Средний возраст сотрудников за исключением А.Н. Лабунцова и И.Д. Борнеман-Старынкевич составлял 30 лет.

Геолого-геохимический отдел расширил объём научно-исследовательских изысканий в регионе. К работе по обнаружению и использованию богатств Кольского п-ова привлекались

научно-исследовательские и хозяйственные организации. В окрестностях Кировска планировалось создать научный городок с геохимической лабораторией и новым спектрографическим отделом для углублённого изучения местных минералов [7].

Начатая при И.Д. Чернобаеве реорганизация Кольской базы проходила в сложной политической обстановке репрессий и поиска «врагов народа». Особенно драматичными для Кольской базы и её геолого-геохимического отдела стали 1937–1938 гг. Попытка сместить А.Е. Ферсмана с поста директора «Тьетты», отстранение А.Н. Лабунцова от занимаемой должности заведующего геолого-геохимическим отделом («за срыв плана научных работ»), кадровая чистка от «чуждых и неудобных элементов» (уволены или сами покинули учреждение ведущие химики и геологи) отрицательно сказались на геолого-минералогических исследованиях на Кольской базе. В течение 1938 г. над ними фактически не осуществлялось квалифицированное руководство (из-за болезни А.Е. Ферсмана и отсутствия заведующего геолого-геохимическим отделом), остро стоял вопрос с кадрами. В 1940 г. из 19 штатных единиц геолого-геохимического отдела на Базе числились только 12 [6]. Лишь с приходом Н.К. Разумовского и Ф.М. Терновского в качестве заместителей директора положение стало исправляться.

Понадобилось немало времени и усилий для решения кадровой проблемы. Показателен эпизод «хождения за геологическими кадрами» в столицу и Ленинград заместителя директора Кольской базы Ф.М. Терновского. Его переговоры с рядом геологов в Москве оказались безрезультатными. Попытка Управления кадров АН СССР укомплектовать геологический отдел заполярной базы также провалилась. Дело дошло до самых высоких «этажей власти». Начальник отдела науки Управления кадров ЦК ВКП(б) Курочкин лично объехал институты, вызвал кандидаты и провёл с ними переговоры, но и в этот раз безуспешно. По согласию вице-президента АН СССР О.Ю. Шмидта принято решение о принудительном командировании специалистов на Кольский Север. Постановлением Президиума АН СССР от 12 ноября 1940 г. геологи Соустов, Герасимовский, Ефимов, Альшунин и др., химиков Волков, Володавец и др. отправлены на Кольскую базу. По отношению к кандидатам, не согласным на бессрочную командировку, постановлено применять административные санкции. В Ленинграде к ним прибегать не пришлось. Из письменного доклада Ф.М. Терновского секретарю Мурманского обкома ВКП(б) М.И. Старостину от 14 декабря 1940 г.: «Учитывая остроту подбора геологических кадров, я обратился в ЛГУ и в ряд геологических учреждений с просьбой помочь кадрами. Однако только в Ленинградском университете получил согласие и живейшее участие оказать нам помощь. Отобрал 9 геологов и минералогов из молодёжи, оканчивающих университет в апреле-мае 1941 г. Многие из них были на практике на Кольском п-ове. Все они дали личное согласие работать на Кольской базе. Для того, чтобы заинтересовать молодёжь в научной работе, я добился от Президиума Академии наук организации института безотрывочной аспирантуры при Кольской базе. В результате геолого-геохимический отдел был полностью укомплектован» [5]. В 1940-начале 1941 гг. окончательно оформляется структура отдела. На 16 апреля 1941 г. геолого-геохимический отдел насчитывал 27 человек во главе с проф. Б.М. Куплетским. В него входили геологический сектор (11 чел., заведующий – инженер-геолог И.В. Зеленков); группу по изучению апатито-нефелиновых руд (руководитель Б.А. Аверьянов); группу по изучению медно-никелевых руд (руководитель И.Н. Чирков); группу по изучению Ёны (руководитель Л.И. Салоп); минералогический кабинет со шлиховой лабораторией и шлифовальной мастерской (4 чел., заведующий к.г.-м.н. Л.А. Косой); геохимическую лабораторию (11 чел., заведующий – Б.Н. Мелентьев).

В это время геолого-геохимический отдел работал по четырём направлениям: лопаритовые руды Ловозёрского массива (с 1939 г.), медно-никелевые руды Монче-тундры, Кукисвумчоррское апатитонфелиновое рудное тело (с 1938 г.) и химические свойства магнетита из руд Ковдозёрского железорудного месторождения (с 1941 г.) [8].

Совещание руководства Кольской базы 29 июля 1939 г. впервые поставило вопрос о присвоении учреждению статуса филиала [9]. Инициативу поддержали Мурманский Обком ВКП(б) и центральные академические круги. 15 августа 1940 г. на имя заместителя председателя СНК СССР А.Я. Вышинского Академия наук посылает докладную записку с проектом постановления СНК СССР о реорганизации Кольской базы в Полярный филиал им. С.М. Кирова АН СССР (с 1 января 1941 г.) и организации специальных исследований на Кольском п-ове. В этом документе за подписью президента АН СССР В.Л. Комарова в составе будущего филиала значился не геолого-геохимический отдел, а Геолого-геохимический институт, который совместно с центральными

институтами АН СССР должен был принять участие в трёхлетней комплексной экспедиции по изучению производительных сил Кольского п-ова [3]. Управление делами СНК СССР не сочло возможным поставить этот вопрос на обсуждение правительства в довоенный период. Прошло 10 лет, прежде чем состоялось решение, во многом изменившее судьбу геологической науки на Кольском Севере.

Война прервала мирную деятельность учёных. Большинство мужчин – научных сотрудников Кольской базы – ушли на фронт. В первые дни войны из геолого-геохимического отдела мобилизованы И.В. Зеленков, В.А. Седых, Л.А. Косой и Е.И. Захаров. Вместе с Базой в Коми АССР эвакуированы И.Н. Чирков, В.В. Ломакин, А.И. Володченкова, Е.А. Яковлева, З.И. Корнильева и М.Т. Анисимова. Бывшие сотрудники «Тьетты» теперь работали на решение задач военного времени.

Подведём итоги довоенной деятельности геолого-геохимической службы «Тьетты». За это время здесь работали 50 научных сотрудников, 7 человек научно-вспомогательного персонала, 4 руководителя отделом (А.Н. Лабунцов, М.Ф. Володько, Н.К. Разумовский и Б.М. Куплетский) и 4 заведующих геохимической лабораторией (И.Д. Борнеман-Старынкевич, Т.А. Бурова, Н.С. Крупенио и Б.Н. Мелентьев).

Основная ценность проведённых исследований в области геологии и минералогии – в широком географическом изучении Кольского п-ова. Все научно-исследовательские работы тесно связаны с освоением крупных промышленных р-ов Хибин, Ловозера, Монче-тундры, Африканды. Постепенно исследовались новые территории: р-ны Кейв, Ёны, Оленьей, Печенги, крупные геологические комплексы: щелочные граниты, различные пегматиты, ряд свит метаморфических пород протерозоя.

Сотрудниками геохимической лаборатории Кольской базы произведены анализы ряда минеральных видов, впервые открытых на Кольском п-ове; выработана методика определения ниобия в хибино-ловозёрских рудах; установлен состав апатито-нефелиновой руды и разработан метод её фазового анализа; разрешён вопрос использования хабозёрских оливинитов как сырья для производства форстеритовых огнеупоров; в кольских рудах открыт новый элемент – селен. Как отмечал А.Е. Ферсман, «заслугой базы является то, что она в области анализа выдвинула впервые научный метод для определения составных частей, – прежде всего, апатита, затем перовскита, лопарита, ловчоррита – и этим путём дала в руки всех исследовательских лабораторий руководящие методы» [13].

Идея союза науки и производства воплотилась в организации совещаний и конференций на Кольском п-ове. В течение десяти лет состоялись 6 полярных конференций, 3 представительных встречи работников суперфосфатной промышленности, продемонстрировавших пример решения сложной апатитовой проблемы, многочисленные совещания по вопросам применения кольских минералов в различных отраслях народного хозяйства. Часть встреч прошла непосредственно в Хибинах. Кольскую базу регулярно посещали отечественные и зарубежные учёные. Оценивая научное и общественное значение этих встреч, акад. А.Е. Ферсман отмечал: «На них подводятся итоги, заслушиваются отчёты, намечаются планы дальнейших работ; исследователи узнают друг друга, согласовывают и координируют работу, рождается то коллективное творчество, которое является залогом успеха общего дела» [10].

Обмен идеями и опытом науки и производства стимулировал деятельность хибинских учёных. С 1935 по 1940 гг. Кольская база выпустила 5 сборников трудов, из которых 4 посвящены проблемам минералогии: вып. 1 и 2 содержали материалы по геохимии Хибинских тундр; вып. 4 – геологические работы под ред. Б.М. Куплетского; вып. 5 – статьи по изучению органического вещества почв Хибин, ультраосновного массива Африканда и методике химического анализа перовскита и других ниобититановых минералов. Представители Кольской базы активно участвовали в подготовке сборника «Минералы Хибинских и Ловозёрских тундр» (1937), обобщившего данные по минералогии и петрографии массивов, и издания «Производительные силы Мурманской обл.» (1940) с геолого-петрографическим очерком Ёно-Ковдорского р-на и массива Хабозера, новые данные по минералогии Хибинских и Ловозёрских тундр. В 1941 г. вышел фундаментальный труд А.Е. Ферсмана «Полезные ископаемые Кольского п-ова. Современное состояние. Анализ. Прогноз», который академик рассматривал как первый систематический анализ полезных ископаемых края. В книге приведён геологический очерк, общий геохимический анализ и детальное описание отдельных регионов, в т.ч. впервые выделенного «цветного пояса», сравни-

тельный анализ 50 полезных ископаемых, сведения по распространению и характеру месторождений. Намечались 8 геохимических промышленных узлов, линий дорог, общий план развития горнохимического производства, задачи научных исследований и т.д. Автор определил подковообразное расположение минералообразовательных процессов в Хибинском массиве и наметил геологические дуги, которые позволили понять строение массива и накопление отдельных элементов и послужили основой дальнейших разведочных работ. А.Е. Ферсман первым остро поставил вопрос о комплексном использовании сырья апатитонефелиновых месторождений.

Признанием научных заслуг заполярного учреждения явилось постановление Президиума АН СССР от 8 апреля 1941 г., разрешающее дирекции Кольской базы издавать «Труды Кольской базы им. С.М. Кирова АН СССР». В постановлении утверждалась редколлегия издания в составе пяти человек (А.Е. Ферсман – ответственный редактор, Ф.М. Терновский, Б.М. Куплетский, С.А. Каспарова, Е.Н. Иванова) [8].

Сотрудники геолого-геохимического отдела Кольской базы также проводили разностороннюю культурно-воспитательную и научно-пропагандистскую деятельность.

Обозначим «лакуны» в изучении заявленной темы. В последнее время в академической среде вырос интерес к «биографии человека науки». Подтверждением тому служит появление в 2006 г. энциклопедического словаря «Учёные КНЦ (1930 – 2005)». Но в издании есть недоработки. По нашим подсчётам, в довоенный период в истории геолого-геохимической службы «Тьетты» оставили след не менее 50 научных сотрудников. В словнике энциклопедии относительно этого времени упомянуто семь имён. Необходимо преодолеть неосведомлённость, а порой и субъективность в отборе персоналий и восстановить историческую справедливость.

Важнейшая часть биографии любого учёного – его научное наследие. По неполным данным, с 1934 по 1940 гг. при непосредственном участии 14 сотрудников геолого-геохимической службы «Тьетты» в трудах Кольской базы опубликовано как минимум 22 статьи. По оценке акад. А.Е. Ферсмана, всего за довоенное десятилетие Академией наук подготовлено около 8 тыс. научно-исследовательских работ по кольской тематике (из них около 6 тыс. сведено в библиографию). К этому научному массиву причастны и исследователи Хибин [11]. К сожалению, полной довоенной библиографии их работ нет. Подготовленный в 1960 г. И.Г. Морозюк указатель трудов КФАН (1930 – 1958) не решает поднятой автором проблемы.

Заявленная в статье тема остаётся загадкой для исследователей. Когда на «Тьетте» появились (согласно приказам) геохимическая лаборатория и геологический сектор? Сколько сменилось руководителей этих подразделений за предвоенное десятилетие? Всё ли мы о них знаем? Как складывались взаимоотношения геологической науки и власти в Хибинах? Только привлечение дополнительных источников информации и публикация имеющихся документов помогут дать ответы на эти вопросы. Исследователем потребуется немало усилий, чтобы воссоздать историю геолого-геохимической службы «Тьетты» как преемницы Геологического института КНЦ РАН.

#### Список литературы

1. Архив Российской Академии наук (РАН). Ф. 188. Оп. 1. Д. 3. Л. 1.
2. АРАН. Ф. 188. Оп. 1. Д. 330. Л. 8.
3. АРАН. Ф. 188. Оп. 1. Д. 946. Л. 1-3.
4. Государственный архив Мурманской области (ГАМО). ФП.-112. Оп. 1. Д. 466. Л. 11.
5. ГАМО. ФП.-112. Оп. 1. Д. 467. Л. 318 321; Ф.1-П. Оп.1. Д. 281. Л. 120.
6. Научный архив КНЦ РАН (НА КНЦ РАН). Ф. 1. Оп. 6. Д. 21. Л. 80.
7. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 40. Л. 8, 11, 21.
8. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 110а. Л. 27, 51.
9. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 84. Л. 20; Д. 79. Л. 34.
10. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 81. Л. 4.
11. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 97. Л. 2.
12. Старынкевич-Борнеман И.Д. Изучаем новые минералы. // Хибиногорский рабочий. 1934. 2 октября. С. 2.
13. Труды Кольской базы. Вып. 5. М.-Л. 1940. С. 4.
14. А.Е. Ферсман. 1883-1945. Жизнь и деятельность. М. 1965. С. 287.

## Алексей Иванович и Прасковья Дмитриевна Антиповы

Кулешова И.Н.

Ярославский художественный музей, Ярославль, kuleshovaart@mail.ru

## Alexey Ivanovich and Praskovya Dmitrievna Antipovs

Kuleshova I.N.

*Приводятся малоизвестные материалы о жизни горного инженера А.И. Антипова и его жены П.Д. Антиповой, учредившей в 1906 г. медаль Минералогического общества им. А.И. Антипова.*

*Presented are little-known data on life of mining engineer A.I. Antipov and his wife P.D. Antipova. The latter instituted A.I. Antipov's Medal of the Mineralogical Society in 1906.*



Рис. 1. И.Е. Репин. Портрет горного инженера, тайного советника А.И. Антипова. 1884. Холст, масло. 71x58,3. Инв. № Ж-122. Собрание ЯХМ.

В культуре Ярославля 1910-1920-х гг. есть два ярких имени – Алексей Иванович и Прасковья Дмитриевна Антиповы. Их портреты кисти И.Е. Репина и В.А. Серова украшают залы Ярославского художественного музея. Долгое время собиралась подробная информация об этих людях. Сегодня их биографии и роль в истории науки, культуры и образования стали известны.

Глядя на портреты Антиповых, проникаешься к их персонажам уважением. Первый из них – Алексей Иванович. С работы И.Е. Репина (1844-1930) на нас пронизательным взглядом смотрит человек, полный достоинства (рис. 1). Портрет выполнен в 1884 г. в Петербурге, где в это время жили художник и его модель.

А.И. Антипов родился 13 марта 1833 г. на Дедюхинском заводе Соликамского уезда Пермской губернии, крещён в Дедюхинской Христорождественской церкви [1]. Его отец, Иван Иванович Антипов (?-?), из дворян, в службу вступил из Артиллерийского Кадетского корпуса, произведён в подпоручики в 1798 г., отчислен с военной службы с чином поручика в 1809 г., определён в Пермский уездный суд заседателем с переименованием в Губернские секретари в том же году. В 1818 г. определён

уездным судьёй в г. Екатеринбург с присвоением чина титулярного советника. В 1835 г. – обер-гиттенфервалтер, советник Дедюхинского соляного правления, с 1843 коллежский советник [2]. Мать, Олимпиада Петровна (1801-1876/74?), младшая дочь П.Ф. Чайковского (1745-1818), городничего Слободского и Глазова Вятской губернии [3], тётка композитора П.И. Чайковского (1840-1893). Сохранилась запись о венчании 18 июля 1817 г. в Перми маркшейдера И.И. Антипова с «дочерью городничего коллежского советника П.Ф. Чайковского Алимпиадой оба первым браком» [4].

Вслед за старшим братом Александром (1824-1887), горным инженером, по стопам отца пошёл и Алексей Антипов. После окончания Института корпуса горных инженеров в Санкт-Петербурге в 1853, назначен на службу по Горному ведомству, которую проходил на Пермских заводах, на южном Урале, в Печерском крае, в области Войска Донского. К 1884 г. имел чин действительного статского советника, ордена Св. Владимира 3 степени (1880) и Св. Станислава 1 степени (1883) [5].

Этого заслуженного петербургского чиновника И.Е. Репину и предстояло написать – «генералом» и человеком. В это время Илья Репин уже был портретами М. Мусоргского, Н. Пирогова и П. Стрепетовой. Они отличаются очень точной передачей облика и «проникновением» в суть человека. Герои его полотен предстают во всей полноте своего жизненного и духовного опыта и точно отражают дух эпохи. Репин остро чувствовал современность, обладал выдающимся живописным талантом, исключительным умением наблюдать и обобщать. К.И. Чуковский вспоминал слова Репина: «когда он пишет чей-нибудь портрет, он на короткое время влюбляется в того человека, испытывает удесятерённое чувство благожелательства к нему» [6].

Встреча Репина и Антипова, хотя тот и был уже крупным государственным деятелем, могла и не состояться, если бы не одно обстоятельство. Супруга Алексея Ивановича Прасковья Дмитриевна сама увлекалась искусством, писала акварелью, была близкой подругой художницы Е. Поленовой (1850-1898) и хорошо знала её брата, известного пейзажиста В.Д. Поленова (1844-1927). Поленов и Репин стали друзьями со времен учёбы в Академии художеств. Через Поленовых и был написан портрет А.И. Антипова. И.Е. Репин представил его на XIV выставке Товарищества передвижных художественных выставок в 1886 г. Е. Поленова писала Прасковье Дмитриевне о впечатлении, которое портрет произвёл на её брата: «Он говорит, что из Репинских портретов портрет твоего мужа на редкость хорош, приятен и симпатичен... особенно хвалит глаза и выражение рта» [7]. Позже она сама посетила выставку: «Вчера была на передвижной. Согласна с братом, что теперь портрет Ал. Ив. (Антипова) – это один из лучших портретов Репина. Только фон мне сильно не нравится, чуть ли не хуже прежнего...» [8] Её последняя фраза в письме стала понятной после того, как портрет прошёл реставрацию в ГосНИИРе в 2008 г. Реставратор В.В. Кузюбердин, изучая авторскую живопись, пришёл к выводу, что первоначально фон был охристого цвета. Репин изменил его на серо-синий, но не убрал прежний, а нанёс поверх него новый слой.

Характер и образ модели, созданный художником, становится ещё более осязаемым, когда знакомишься со свидетельствами других современников. Они позволяют лучше понять личность модели. Личный отзыв об Алексее Ивановиче оставила Е. Поленова, наблюдавшая его в обстановке загородного имения Нельшевка: «Сам Алексей Иванович Антипов – человек очень не сложный, простой, добродушный, по идеалам деревенский житель, любит столярничать, слесарничать, заниматься всякими мелкими поделками, для чего жизнь в неустроенной усадьбе даёт постоянный обильный материал. Потому вне города он начинает блаженствовать, и это состояние в нём так сильно, что те неудобства и лишения, иногда довольно серьёзные, которые приводят в смущение дамскую часть семьи, для него буквально не существуют, он не замечает их за тем увлечением деревней, кот/орое/ так долго недоступно было ему во время долголетней службы в петербург/ских/ департаментах. Во всём этом, конечно, много есть симпатичного. Что меня лично коробит в нём – это его полная, безусловная нехудожественность, при известных притязаниях на неё» [9].

Запись из некролога: «...скончался в Ярославле... Алексей Иванович Антипов, в своё время заявивший себя выдающимися научными работами и практической деятельностью, проникнутою лучшими стремлениями... Покойный отличался громадной энергией, трудоспособностью и высокими душевными качествами. В каждое дело, за которое брался, он вкладывал всю свою душу, и боролся за него, не считаясь с своими личными интересами. Он был чрезвычайно добр, незлоблив и благожелателен к людям» [10].

На втором портрете кисти В.А. Серова (1865-1911) представлена Прасковья Дмитриевна Антипова (рис. 2). Она родилась в 1848 г. предположительно в родовой усадьбе Григорьевцево Солигаличского уезда Костромской губернии. Число и месяц точно не известны. Вероятно, день рождения она отмечала в мае, т.к. на её 35 летний юбилей Е. Поленова спешила изготовить фарфоровое блюдо к этому месяцу.

Прасковья Дмитриевна происходила из дворянского рода. Отец, Дмитрий Сергеевич Купреянов (1805-1869), штаб-ротмистр, участник польской компании 1831 г., надворный советник, предводитель дворянства Солигаличского уезда. Мать – Мария Даниловна (? – после 1884). Её дед – Сергей Фёдорович Купреянов (1769-1854), гвардии полковник, действительный статский советник, костромской губернский предводитель дворянства (1815-1818, 1830-1845). Бабушка – Елизавета Антоновна (1783/89?/ – 1842), дочь полковника, солигаличского уездного судьи А.В. Шипова,



Рис. 2. В.А. Серов. Портрет П.Д. Антиповой. 1890. Холст, масло. 89.2x71.3. Инв. № Ж-120. Собрание ЯХМ.

происходила из знатного рода Шиповых и была тётёй трёх известных женщин, повлиявших на выбор внучки в деле общественного служения. Это сёстры Шиповы: Мария Павловна, в замужестве Леонтьева (1792-1874), начальница Смольного института с 1839 г., Надежда Павловна, в замужестве фон Шульц (1795-1877) и Елизавета Павловна (1796-1883) – основательницы первых училищ для девиц духовного звания: одна в Царском селе с 1842 г., вторая в Ярославле с 1848 г. (первоначально в Солигаличе в 1845).

Время переезда Прасковьи Дмитриевны из Костромской губернии в Петербург точно не известно. Существует её миниатюрный портрет 1868 г. (Третьяковская галерея, дар Антиповой в 1910 г.) кисти И.П. Раулова (1828-1869). Вероятно, в это время она находилась в северной столице и здесь вышла замуж за А.И. Антипова, переведённого в начале 1870-х гг. (?) из области Войска Донского на службу в Санкт-Петербург. Точная дата свадьбы неизвестна, но в 1873 г. Прасковья Дмитриевна упоминается в архивных документах как жена Антипова.

Увлечение искусством привело её в Рисовальную школу Общества поощрения художеств. Здесь в 1879-начале 1880-х гг. она училась по классу акварели вместе с Е.Д. Поленовой. Она нашла в Антиповой верного друга, разделявшего все её творческие интересы, и надёжного помощника в новых начинаниях. После переезда Поленовой в Москву в 1882 г. дружеские и творческие отношения между ними поддерживались активной перепиской до начала 1890 г. В письмах они обращались друг к другу за помощью и советом, делились впечатлениями об искусстве. Летом 1885 г. Поленова гостила у Антиповых на даче под Петербургом на станции Сиверская. В это же лето там находился и Репин. В.Д. Поленов тоже бывал в Петербурге: «Целый вечер провёл он у Антиповых в восторге от них – такие милые люди» [11]. Прасковья Дмитриевна приезжала в Москву реже, хотя, судя по переписке, Поленова ждала её с нетерпением. Прасковья Дмитриевна, хотя и не стала известным художником, как Елена Поленова, не оставляла занятий акварельной живописью. 1884 г. был для неё плодотворным. Супруги Антиповы, желая отдохнуть на юге, пригласили с собой Е. Поленову. Осенью 1884 г. они отправились в поездку по Волге, Дону, Кавказу и Крыму от Нижнего Новгорода до Ялты. На протяжении всего пути П. Антипова и Е. Поленова делали акварельные зарисовки. В 1885 г. Поленова подарила Антиповой свои акварели из этого путешествия. После поездки в письме от 23 ноября 1884 г. она написала подруге: «Я давно хочу сказать тебе одну вещь и не решаюсь... Вот теперь я работаю с этюдов путешествия для выставки [делала в увеличенном виде], а мне хочется послать их тебе в вечное и полное владение, если ты согласна на это. Мне бы очень хотелось, чтобы они принадлежали тебе» [12]. Дар Поленовой был знаком взаимной дружбы, уважения, памятью о совместной работе и учёбе.

Отдельные работы из этой поездки Е. Поленовой были известны – в музее с 1920 г. находилось 6 акварелей. Они поступили из бывшей гимназии Антиповой и в составе её коллекции (21 единица, среди них портреты четы Антиповых кисти Репина и Серова) легли в основу недавно созданной в городе галереи. О существовании работ Прасковьи Дмитриевны из этой поездки никто не догадывался. До сих пор были известны одна акварель Антиповой из собрания Государственного музея-усадьбы В.Д. Поленова («Голова мальчика в шляпе пажа»), по указателю 8-й выставки Общества русских акварелистов в 1888 г. в залах ОПХ в Петербурге, где она участвовала двумя акварелями («Улица в Сант-Маргарите», «Уголок старого Крейцнаха» – местонахождение неизвестно) и упоминанию в «Словаре русских художников» Н.П. Собко (С-Пб; 1893. Т. 1).

1983 г. стал знаменательным для Ярославского художественного музея. В дар ему принесли 47 акварелей из путешествия, хранившиеся у бывшей ученицы ярославской Антиповской гимназии. Скорее всего, они были взяты девочками на память, когда здание гимназии в период революции и белогвардейского мятежа отвели под лазарет, а в 1919 г. гимназию закрыли. Акварели находились в это время в гимназии со всей коллекцией на хранении у А.Х. Киселёвой. Среди них оказалось 25 работ Поленовой и 22 – Антиповой. Это было первое знакомство с её творчеством. Художественный мир обрёл ещё одно имя в истории русской культуры, где естественно соседствуют большие и малые явления искусства.

По сравнению с произведениями Поленовой, пейзажи Антиповой написаны более робко. Она старается подражать подруге – это особенно видно в работах на схожие сюжеты. В силу малого опыта и более слабого художественного дара, Антипова не достигает такого богатства цветового видения и композиционной завершенности, как Поленова. В восприятии мира она остаётся на уровне натурного этюда. Но Антипова оставила живописный «дневник» путешествия – яркое свидетельство эпохи. Главная её заслуга – во влиянии на творчество Поленовой. Долгое время Антипова была её верной подругой и собеседником. Во время поездки на юг и продолжительной совместной работы Антипова поддерживала художественную атмосферу и стимулировала Поленову к творчеству.

19 декабря 1888 г. А.И. Антипов вышел в отставку. Семья переехала из Петербурга, где они жили на Большой Московской, доходный дом № 6, в Кострому, ближе к родным Прасковьи Дмитриевны. Здесь осенью 1888 г. они купили дом на пересечении ул. Покровская и Никольская (ныне Энгельса и Свердлова, 23/58а). Дом сохранился – это одноэтажное здание с мезонином, рубленое из брёвен на кирпичном полуподвале и обшитое тёсом. В Кологривском уезде у них было родовое имение Нельшевка на берегу р. Нельши у с. Вожерова (ныне Нейский р-н, не сохранилось). В 1888 и 1889 гг. сюда приезжала Е. Поленова, увлечшись созданием детских иллюстрированных книг с русскими сказками. Она писала Антиповой: «Для новых работ и для осуществления их я сильно рассчитываю на поездку в Кострому и на твою помощь...» [13]. П. Антипова стала незаменимым помощником в литературной обработке собранных сказок.

В письмах Е. Поленовой содержится много интересного о жизни Антиповых в имении: «Едем в Нельшевку сначала по Волге, потом по Унже... Антиповых нашла очень заглохшими...»; «...это маленький, чуточный домик, на манер тех общестных дач... Настоящая, прежняя, барская, отцовская и дедовская усадьба Антиповых находится верстах в ста отсюда и имеет совсем другой, судя по фотографиям, характер. Добираться туда так трудно, что они предпочли выстроить маленький домик в середине огромной (чуть ли не 10 тыс. десятинной) лесной своей дачи и живут тесно, среди леса, в глуши и дичи настоящих заволжских лесов. Жизнь эта представляет что-то среднее между подгородной, столичной – в силу многих десятков лет, проведённых в Петербурге – и пионерски-робинзоновской, если можно так выразиться, в силу местных условий безлюдности и отдаленности от чего-либо, напоминающего город... Прасковья Дмитриевна – ...вся состоит из самых благих намерений. Человек она очень ищущий, жаждущий, но весьма бедно одарённый да ещё болезнью лишённый многих способов прилагать к жизни свои благие намерения» [14].

Портрет Прасковьи Дмитриевны выполнен В. Серовым в Костроме в 1890 г. В 1886 г. Поленова отзывалась о художнике как о возможной кандидатуре написать портрет подруги: «...Серов. Какой он талантливый малый и такой вместе с тем бестолковый. Вряд ли решусь тебе его рекомендовать. Во-первых, – копун, не кончил портрета, кот[орый] начал чуть ли не в январе, а кроме того, очень уж неровный». Правда, через несколько дней в новом письме сообщает: «Писала ли про успехи Серова, кот[орый] всех нас так порадова» [15]. В апреле-мае 1890 г. Серов оказался в Костроме вместе с К. Коровиным, выполняя заказ В.Д. Коншина, учредителя и председателя правления Товарищества большой костромской мануфактуры П.М. Третьякова, по написанию картины «Хожение по водам» (ныне – Гос. Русский музей) для церкви Космы и Дамиана в приходе фабрики. Серов в письме к А.С. Мамонтову сообщал: «Написал я там в Костроме два портрета (совсем портретчиком становлюсь)». И. Грабарь, биограф художника, писал в 1965 г.: «Портретов этих до сих пор установить не удалось. Серов отказался в своё время мне их назвать, считая их неудачными. «Они настолько плохи, что лучше о них не вспоминать», – заявил он мне тоном, не допускавшим дальнейших расспросов». В этой же монографии о Серове он даёт характеристику портрету Антиповой: «Писан в Ярославле в 1890 г., видимо без особого увлечения, но корректен, хотя и скучен по композиции и живописи» [16]. Грабарь ошибся, назвав Ярославль местом написания работы. Из биографии Прасковьи Дмитриевны ясно, что Серов встречался с ней в Костроме. Не совсем точен Грабарь и в характеристике портрета, хотя и сам автор, по словам Грабаря, считал его неудачным. Такое отношение Серова можно объяснить высокой требовательностью к себе. По портрету видно, что Серов внимательно изучает произведения своего учителя – Репина, но натуру отражает по-своему. Ему в полной мере удаётся запечатлеть не только внешнее сходство с моделью, но и отразить её душевное состояние. В написании лица и особенно рук раскрывается будущий мастер.

А.И. Антипов, находясь в отставке от государственной службы до 29.06.1895, не мог долго пребывать в бездействии. В 1888 г. по рекомендации В. Поленова он выбран помощником душеприказчиков С.И. Мамонтова и А.Д. Поленова по строительству в Костромской губернии промышленных училищ им. В.Ф. Чижова. По завещанию последнего весь его капитал направлен на устройство и содержание сети учебных и медицинских заведений на его родине. В 1890-е гг. Антипов назначен ведущим строителем и осуществлял контроль за работами в Костроме, Макарьево, Кологриве и Чухломе. О своей работе он писал: «Должность же моя – товарища почётных попечителей заключается в том, что я председательствую, за отсутствием почётных попечителей (душеприказчиков), в попечительном совете и участвую в педагогических советах и хозяйственных комитетах всех училищ» [17]. Как гласный в губернском земском собрании в Костроме, он представлял интересы душеприказчиков и там. В 1895 г. Антипов подготовил проект педагогических курсов для учителей и учительниц в Кологриве по просьбе Земства. Земское собрание

оставило вопрос открытым т.к. не располагало суммой в 1600 р. В 1894-1895 гг. вновь вернулся на службу в Москву, затем в Петербург, где продолжал деятельность, связанную с опекуном и попечительством. В начале 1900-х гг. она прервана душевной болезнью. В 1896 г. награждён орденом Владимира 2 степени.

Прасковья Дмитриевна Антипова в эти годы акварелью практически не занималась. Как и муж, она нашла новое призвание на общественно-педагогическом поприще. В 1892-1904 гг. она стала организатором и попечительницей прогимназии в Кологриве Костромской губернии. В 1895 г. владела складом дешёвых книг для народа и народных школ «Костромич». Во второй половине 1890-х гг. жила с супругом в Москве в доме на Спиридоновке. Собственных детей у них не было. После смерти брата Александра Ивановича в 1887 г. они взяли на воспитание двух его дочерей, в 1898 г. удочерили Р.А. Некрасову, в замужестве Куповьянову (1892, Томск – 1989, Харьков), отец которой погиб.

С 1901 г. жизнь семьи Антиповых связана с Ярославлем. Они живут в доме Некрасова на Волжской набережной. Прасковья Дмитриевна совместно с мужем открывает частную женскую гимназию, став начальницей, попечителем и председателем Попечительского совета. Гимназия размещалась в их собственном доме на ул. Воскресенской, ныне Революционной, д. 7, в 1918-1919 гг. реорганизована в 7-ю советскую школу Волжского р-на. Давнее увлечение искусством отразилось на системе обучения в гимназии, где особое внимание уделялось художественному развитию. Сама Антипова не преподавала. Из-за давней болезни ног она не могла ходить, но бывала в гимназии почти каждый день. Как вспоминают ученицы, её приносили в кресле в центральный зал. Одетая она была в белый костюм, волосы были белые, седые. Держала себя величественно и строго.

Болезнь Алексея Ивановича прогрессировала, и в 1904 г. Прасковья Дмитриевна подаёт прошение о назначении «опеки над личностью и имуществом страдающего расстройством умственных способностей» мужа [18]. В 1907 г. она выделяет средства на изготовление и дальнейшее присуждение медали-премии «В память горного инженера А.И. Антипова». В 1913 г. 19 сентября её мужа не стало. Точная дата смерти самой Прасковьи Дмитриевны не известна, предположительно – начало 1918 г.

Круг родственных и общественных связей Антиповых, в той или иной степени формировавших их профессиональные и культурные интересы, был очень широк. Они связаны родственными узами с рядом знаменитых людей: композитор П.И. Чайковский, театральный деятель С.П. Дягилев, критик и публицист Д.В. Философов, секретарь и биограф Л.Н. Толстого П.И. Бирюков, начальница Смольного института М.П. Леонтьева (Шипова). Другими друзьями семьи были художники И.Е. Репин, В.А. Серов, В.Д. и Е.Д. Поленовы, семья промышленника и мецената С.И. Мамонтова и мн. др. О деловых связях Алексея Ивановича почти ничего не известно.

За предоставленные ценные сведения автор благодарит А. Шпаченко, М. Некрасова, Т. Филатову и Е. Сапрыгину, памяти которой посвящается статья.

#### Список литературы

1. Венгеров С.А. Критико-биографический словарь русских писателей и учёных (от начала русской образованности до наших дней). СПб.: 1889. Т. 1. Вып. 1 «А». С. 25.
2. ГАКО. Ф. 121. Оп. 3. Д. 178. Л. 52.
3. Сапрыгина Е. История нескольких портретов // Северный рабочий, 13 марта 1983.
4. ЦГА Удм. АССР. Ф. 134. Оп. 1. Д. 13, 18-20, 42.
5. ГАКО. Ф. 121. Оп. 3. Д. 178. Л. 52.
6. Чуковский К.И. И. Репин (Из моих воспоминаний). М.-Л.: 1945. С. 13-14.
7. Письмо от 9 марта 1886, Москва - ОР ГТГ. Ф. 54. Оп. 1. Д. 6861. Л. 26.
8. Письмо Е.Д. Поленовой к П.Д. Антиповой, 14 апр. 1886, Москва // ОР ГТГ. Ф. 54. Оп. 1. Д. 6861. Л. 27-28. Письмо Е.Д. Поленовой к Е.Г. Мамонтовой, 27 мая 1889, Кострома // Сахарова Е.В. Василий Дмитриевич Поленов. Елена Дмитриевна Поленова. Хроника семьи. М.: 1964. С. 424.
9. Некролог // Голос /Ярославль/ 213 от 22 сентября 1913 г.
10. Письмо Н.В. Поленовой к Е.Д. Поленовой, 18.10.1883 // Сахарова... Указ. соч. С. 320.
11. Письмо Е.Д. Поленовой к П.Д. Антиповой, 23 ноября 1884, Москва / Сахарова... Указ. соч. С. 348.
12. Письмо Е.Д. Поленовой к П.Д. Антиповой, 22 августа 1888 / Сахарова... Указ. соч. С. 398.
13. Письма Е.Д. Поленовой к Е.Г. Мамонтовой, 27 мая-5 июня 1889 // Сахарова... Указ. соч. С. 424-426. Сахарова... Указ. соч. С. 366-367.
14. Грабарь И.Э. В.А. Серов. Жизнь и творчество. М.: 1965. С. 181 - прим. 2; 315 - прим. 171; 331.
15. Письмо А.И. Антипова в редакцию // «Новое Время». № 6081 от 01.02.1893 г.
16. ГАКО. Ф. 133. Оп. 2. Д. 11697/51.

## Из истории зарождения земледелия на Кольском п-ове

Куруч О.Е.

Кировский историко-краеведческий музей, Кировск

## From the history of the land use originating on the Kola Peninsula

Kuruch O.E.

*Статья систематизирует сведения об истории возникновения и развития сельского хозяйства в Хибинах на базе Полярного отделения опытной станции Всесоюзного института растениеводства и совхоза «Индустрии».*

*The article summarizes the data on the agriculture originating and developing in the Khibiny on the base of the Polar Department of the Experimental Station of the All-Soviet Institute for Plant Cultivation and state farm «Industriya».*

Систематические исследования сельского хозяйства на Кольском п-ове начались весной 1923 г. Работа шла по двум направлениям: теоретическому и практическому. Отделение прикладной ботаники и кормовых культур Государственного института опытной агрономии было заинтересовано в создании на Крайнем Севере исследовательской точки для изучения географической изменчивости культурных растений. Для Мурманской железной дороги было важно создать на северных участках дороги условия для закрепления кадров на местах. Этому могло способствовать улучшение питания за счёт развития овощеводства и содержания молочных коров – снабжение скоропортящимися продуктами в то время было практически невозможно.

Первым научно-исследовательским учреждением, взявшим за разработку земледелия на Крайнем Севере, стал сельскохозяйственный опытный пункт, организованный в 1923 г. в Хибинах в 150 км севернее полярного круга (рис. 1). Возглавил его И.Г. Эйхфельд, которому в работе



Рис. 1. Первое здание Полярной опытной станции в Хибинах.

пришлось противостоять не только суровому климату, но и скептическому отношению коллег к идее развития в Крае земледелия. Материальную помощь в создании опытного сельскохозяйственного пункта оказывал колонизационный отдел Мурманской железной дороги. В первый год работы выделено только 200 руб., и молодому заведующему пунктом приходилось самому выполнять физическую работу. В первый же год работы опытного пункта удалось вырастить некоторые овощи, но зимой управление железной дороги вынесло неожиданное решение о прекращении финансирования

сельскохозяйственных работ. Эйхфельду вновь пришлось убеждать сомневающихся в целесообразности работ. В результате он получил разрешение на их продолжение. Организовывается второй сельскохозяйственный пункт в пос. Кола, третий – в Северной Карелии, у станции Лоухи.

Вся работа пункта проходила в три этапа. На первом этапе (1923-1927) было необходимо определить культуры, способные расти в Заполярье, и агротехнические приёмы для получения урожая. К 1927 г. выяснилось, что в Хибинах можно выращивать широкий ассортимент овощных культур и картофель (рис. 2). На втором этапе выявлены сорта, наиболее соответствующие условиям Севера: раннеспелые сорта капусты, брюквы, репы, свёклы, картофеля, многолетних кормовых трав и др. В 1930 г. организован первый в Заполярье совхоз овощного и молочного направления. Третий этап работы – проведение селекционных работ с целью создания собственного северного ассортимента важнейших культур. С 1930 г. Эйхфельд и его сотрудники принимают активное участие в создании совхоза «Индустрия», других хозяйств Мурманской обл. и Северной Карелии. В 1931 г. опытный сельскохозяйственный пункт преобразован в Полярное отделение опытной станции Всесоюзного института растениеводства (ПОСВИР). И.Г. Эйхфельд оставался на посту его директора до 1940 г.



Рис. 2. Первые экспонаты ПОСВИРа. 1926.

лекционного материала в условиях короткого и холодного лета доказана возможность создания в местных условиях отрасли сельского хозяйства. Среди всех сортообразцов картофеля, овощных, зерновых культур и кормовых трав наиболее устойчивыми к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям оказались те, которые были созданы или долгое время выращивались в схожих по климатическим условиям местах. Установлено, что в условиях Кольского п-ова можно возделывать только наиболее скороспелые сорта, дающие урожай в течение 75-90 дней.

С 1930-х гг. станция развернула селекционно-семеноводческую работу с большим набором культур. К этому времени значительно пополнена коллекция главнейших культур. В последующие годы она насчитывала более 4 тыс. сортообразцов 42 видов сельскохозяйственных растений, в т.ч. до 2638 сортообразцов картофеля (1956), 651 сортообразец 21 вида овощных культур (1957), 853 сортообразца 14 видов зерновых (1956), свыше 500 сортообразцов 19 видов сочно-силосных культур и кормовых трав и 161 сортообразец 9 видов ягодных культур. Селекционная работа была направлена на выведение высокоурожайных, скороспелых и холодостойких сортов. Широко применялись методы межвидовой гибридизации и скрещивание отдельных по географическому происхождению форм, свободное избирательное оплодотворение при скрещивании перекрестно- и самоопыляющихся растений, метод отборов, воспитание гибридных семян и др. За 34 года станция вывела и усовершенствовала 8 сортов 35 видов сельскохозяйственных растений, в т.ч. свыше 20 сортов картофеля (Снежинка, Шестинедельный, Эпикур, Азия Б, Огайо, Ранняя розовая, Вермонт, Кобблер и др.). Со временем станция выводит новые более урожайные и приспособленные к местным условиям сорта, постепенно сменившие прежние.

Коллективом научных сотрудников станции проделана большая работа по разработке приёмов агротехники, обеспечивающих получение высоких и устойчивых урожаев возделываемых культур в открыто защищённом грунте. Велись исследования местной вредной фауны и разрабатывались меры борьбы с ней. С 1933 г. Полярная опытная станция начала изучение насекомых-вредителей. Выявлено 84 вида вредных насекомых, 9 – клещей, 3 – грызунов и 1 – нематод. С 1946 г. в борьбе с ними в Хибинах стали применяться хлорорганические препараты ДДТ и гексахлоран. Высокая точность и систематическое применение препаратов на протяжении нескольких лет привели к снижению общей численности мертвояда в хозяйствах.

В 1956 г. Полярная опытная станция ВИРа начала изучение химических методов борьбы с сорняками. Исследования показали их эффективность в борьбе за чистоту посевов. Химическая прополка сократила затраты труда на прополочные работы, повысила урожай на 37-50 ц/га, сократила затраты на выращивание моркови. В посевах овса сорняки уничтожались путём опрыскивания всходов сорняков раствором натриевой соли ДНФ за 2-3 дня до всходов овса. В результате засоренность посева снизилась более чем в 100 раз, а урожайность зелёной массы овса возросла на 75 ц/га. Утверждение скептиков о невозможности создания отрасли сельского хозяйства на Кольском п-ове было опровергнуто.

За первые семь лет работы опытный пункт провёл сортоизучение свыше 4000 образцов растений из мировой коллекции Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур. Полученные результаты требовали немедленного внедрения в производство для проверки на практике и снабжения овощами увеличивающегося населения Хибин. В связи с этим явилась необходимость в организации совхоза. Этим вопросом занялись директор ПОВИРа И.Г. Эйхфельд и представитель Мурманской железной дороги Н.К. Гладышев. Выбор места для будущего совхоза «Индустрия» занял немало времени. Обследовалась огромная территория от станции Охтаканда до станции Хибин, тщательно изучены почвенные особенности отдельных зон. Централь-

Тридцатичетырёхлетний период работы станции можно разделить на два этапа. Первый, «разведовательно-поисковый», длился 6-7 лет. Работники станции, 3-7 чел., уделяли особое внимание изучению местного климата, почв, сбору коллекционного материала сельскохозяйственных растений с целью определить возможность выращивать те или иные культуры в местных условиях. До засева требовалось создать плодородную почву на бесплодном песчаном и каменистом субстрате, оставшегося в р-не Хибин после постройки железной дороги и лесных пожаров. В первые 5-7 лет станцией собрано и изучено около 4-5 тыс. сортообразцов 25-30 культур. На основе изучения собранного кол-

ное отделение решили строить в сосновом бору рядом с Хибинами, в 0,5 км от железнодорожной станции Апатиты, первое отделение – на вдающемся в оз. Имандра п-ове напротив Хибинского опытного пункта, на берегу Щучьей губы. В марте 1930 г. приступили к заготовке и подвозу леса для строительства. Директором совхоза назначен энергичный коммунист Н.К. Гладышев. В августе 1930 г. решением Совета Труда и Оборона совхоза передан из ведения Колонизационного отдела Мурманской железной дороги в ведение отдела рабочего снабжения треста «Апатит».

Для первого в Заполярье совхоза требовались опытные работники. И.Г. Эйхфельд помогал консультациями и направлял сотрудников опытного с/х пункта в помощь рабочим совхоза (рис. 3). Весной 1930 г., несмотря на недостаток рабочей силы на опытном пункте, И.Г. Эйхфельд командировал в совхоз четырёх опытных рабочих: Я.И. Лаэтина, И.А. Ушакова, И.Ф. Онохина и М.Ф. Онохина. Последний работал на Хибинской опытной станции с 1926 г. и уже имел некоторые знания в области сельскохозяйственного дела, которые он приобрёл на учебно-опытных



Рис. 3. И.Г. Эйхфельд (справа). 1932.

полях Ленинградского сельскохозяйственного института (г. Пушкин). Постепенно в совхоз стали прибывать иногородние специалисты. К концу 1930 г. его штат составлял около 100 чел. В 1934 г. главным агрономом назначен с.н.с. ПОВИРа, заведующий сектором агротехники П.Е. Ефимов, приглашён крупный зоотехник М.В. Карелин. Большое внимание уделялось подготовке кадров средней квалификации из среды рабочих совхоза. С 1931 г. в нём организовывались различные курсы, благодаря которым в 1931-1933 гг. квалификацию повысили более 300 чел. Многие из них позже были выдвинуты на руководящие должности.

Одной из главных задач было строительство домов для рабочих и хозяйственных помещений (рис. 4). В первый период организации совхоза рабочие жили в утеплённых палатках. Лес для строительства ежегодно заготавливали бригады рабочих совхоза. Осень 1930 г. прошла в напряжённой работе. Строительство продолжилось зимой. Весной через ручьи впервые перекинулись мосты, соединившие первые дороги на территории совхоза. В 1933 г. палаточный городок был ликвидирован. Осенью 1931 г. многие рабочие, жившие в палатках, переселены в три новых дома, построенных сверх плана.

Совхоз получил существенную финансовую поддержку со стороны рабочих Хибинского района. Инициаторами этого начинания были рабочие типографии газеты «Хибинский рабочий» и транспортники. К ним присоединились другие рабочие коллективы. В 1931 г. на строительство совхоза «Индустрия» от трудящихся города паевыми выносами в Закрытый рабочий кооператив треста «Апатит» поступило 500 тыс. руб.

В первые годы работы совхоза некоторые полагали, что овощи проще привезти, чем выращивать на месте. В народе бытовало мнение, что «деньги забиты в болото». Эти разговоры были вскоре пресечены С.М. Кировым, который уделял большое внимание созданию собственной продовольственной базы в р-не промышленного строительства на Кольском п-ове. В 1932 г. он побывал в совхозе «Индустрия», осмотрел скотные дворы, парники, теплицы и освоенный болотный участок в р-не Тик-губы. Киров отметил, что работа в совхозе идёт в нужном направлении и нужно шире развивать сельское хозяйство. Оценка проделанной работы, данная С.М. Кировым, воодушевила коллектив совхоза. В день трёхлетия «Индустрии», 23 октября 1933 г., он прислал телеграмму: «Благодаря большевистской настойчивости и упор-



Рис. 4. Первые постройки совхоза.

идёт в нужном направлении и нужно шире развивать сельское хозяйство. Оценка проделанной работы, данная С.М. Кировым, воодушевила коллектив совхоза. В день трёхлетия «Индустрии», 23 октября 1933 г., он прислал телеграмму: «Благодаря большевистской настойчивости и упор-

ству в борьбе против оппортунистов-малOVERов, на нашем далёком Севере за полярным кругом создано крупное животноводческое хозяйство, растёт собственная база горно-химического комбината. Областной комитет уверен, что оживляя заполярное земельное пространство, внедряя не произраставшие там прежде культуры, работники совхоза «Индустрия» добьются ещё больших успехов. Совхоз «Индустрия» станет мощной опорной базой северного земледелия».

В основу производственной деятельности совхоза положены результаты семилетних работ Хибинского опытного пункта. В 1931 г. подготовлено под посевы около трёх га минеральных почв. Овощами были заняты вся эта площадь и 400 парниковых рам. Осенью 1931 г. в центральном отделении построены: теплица для огурцов световой площадью 200 м<sup>2</sup> и не отапливаемая блочная теплица площадью 4000 м<sup>2</sup>.

В 1931 г. начаты осушительные работы на болотах совхоза, в основном вручную. Трудности возникли при прокладке осушительных канав. В совхозе ощущалась нехватка техники, рабочей силы и опыта подобных работ. Имеющиеся в совхозе трактора, не имея уширителей на гусеницах, давали низкую производительность, часто вязли в болотах. В 1932 г. на осушенных участках совхоз начал выращивание кормовых культур. В первый год два отделения совхоза собрали 300 т овощей, картофеля и турнепса и 270 т сена (рис. 5). В 1932 г. одержана первая победа совхоза в создании собственной кормовой базы.

Освоение болотной территории требовало значительной механизации хозяйства. Весной 1933 г. совхоз получил гусеничные трактора отечественного производства с уширенными болотными гусеницами и усовершенствованные кустарниковые болотные плуги Одесского завода, ставшие главными орудиями поднятия целины на болотных участках.



Рис. 5. Сбор картофеля в совхозе «Индустрия».

Большое внимание уделялось заготовке и компостированию местных удобрений. В качестве подстилки для скота широко использовался торф. Использование органических и минеральных удобрений повысило урожайность всех сельскохозяйственных культур. Обильная заправка сухих песчаных и супесчаных подзолов органическими удобрениями в количестве 100-120 т/га улучшила физико-химические и биологические свойства почвы и ускорила формирование культурного пахотного слоя в совхозе. В последующие годы совхоз продолжал получать высокие урожаи. Одновременно с растениеводством быстро развивалось животноводство, улучшая количественные и качественные показатели, в т.ч. за счёт

лучшего кормления поголовья. На 1 января 1939 г. в стаде совхоза было 1085 голов крупного рогатого скота, из них 627 коров и 18 быков. Средний удой на одну корову в 1937 г. составлял 2924 л, в 1938 г. – 3139 л. Это не только подтвердило возможность содержания высокопродуктивного скота за Полярным кругом, но и выдвинуло на ВСХВ совхоз в первую группу животноводческих хозяйств Советского Союза по удою молока.

Правительство высоко оценило достижения совхоза за первые три года его работы. В декабре 1933 г. директор совхоза Н.К. Гладышев награждён орденом Трудового Красного Знамени. В 1939-1941 гг. достижения «Индустрии» демонстрировались на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке. 20 февраля 1940 г. хозяйство удостоено ордена Трудового Красного Знамени.

#### Список литературы

1. Онохин М.Ф. Воспоминания о первых работах по организации совхоза «Индустрия». КП-1479. ОДФ-695.
2. Воспоминания Онохина М.Ф. «По завету вдохновителя идей Северного земледелия С.М. Кирова». КП-375. ОДФ-375.
3. Воспоминания Онохина М.Ф. «Первенец Заполярного земледелия». КП-377. ОДФ-377.
4. Воспоминания директора ПОСВИРа Манькова – кандидата биологических наук. КП-376. ОДФ-376.
5. Автобиография И.Г. Эйхфельда. КП-374. ОДФ-374.
6. Рукопись П.В. Родина «Летопись жизни в Хибинах». КП-4848. ОДФ-2748.

## Полярно-альпийский ботанический сад. О тех, кто был первым<sup>1</sup>

Лукьянова Л.М., Москалёва В.И.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН, Кировск

## Polar-Alpine Botanical Garden. On those who was the first

Lukyanova L.M., Moskalyova V.I.

В 1931 г. поддержан проект Полярно-альпийского ботанического сада, предложенный ботаником и географом Н.А. Аврориным совещанию руководителей научных отрядов Горной станции АН СССР, администрации г. Хибиногорска и Президиуму АН СССР. Заявлены основные направления исследований: интродукция растений, флора, почвы, физиология и биохимия растений. Вместе с Н.А. Аврориным с 1931-1932 гг. в Ботсаду работали Л.Я. Аврорина, Л.И. Качурина, М.Х. Качурин, А.А. Коровкин. В 1932 г. положено начало уникальным коллекциям растений. В годы войны сотрудники ПАБСИ (10 чел.) выращивают пищевые и лекарственные растения, разрабатывают методы переработки местных ягод на соки, сиропы, повидла без применения сахара. За счёт госфинансирования в послевоенные годы ПАБСИ расширяет тематику исследований и численность коллектива. В настоящее время ПАБСИ – один из самых известных на Крайнем Севере естественнонаучных центров.

The project of the Polar-Alpine Botanical Garden presented by botanist and geographer N.A. Avrorin to the Board of Scientific Groups Executives of the Mining Station of USSR Academy of Sciences, Administration of the Khibinogorsk Town and Presidium of the USSR Academy of Sciences was adopted in 1931. Defined were major directions of study to follow: introduction of plants, flora, soils, physiology and biochemistry of plants. Since 1931-1932 L. Ya. Avrorina, L. I. Kachurina, M. Kh. Kachurin, A. A. Korovkin had been working with N. A. Avrorin in the Botanical Garden. They started gathering unique collections of plants in 1932. In war-time, researchers of PABGI, 10 in total, grew food and medicinal plants, developed methods of processing berries into juice, syrups and jams using no sugar. With the State financial maintenance obtained, in the post-war time PABGI extends the subject scope of its investigations and the number of employees. The Polar-Alpine Botanical Garden-Institute is currently one of the most famous centres for natural sciences promotion in the Extreme North.

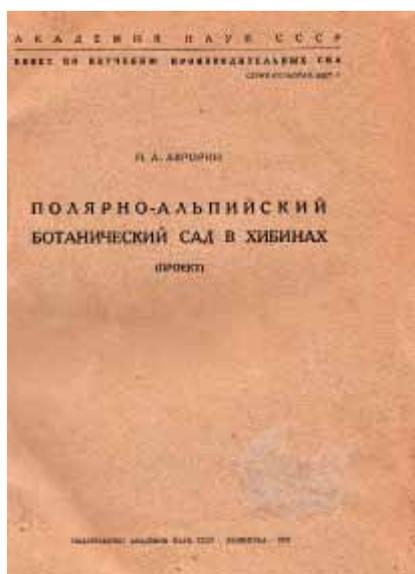


Рис. 1. Проект Полярно-альпийского ботанического сада.

Об истории создания Ботанического сада в газетах и журналах написано немало, его посетителям всегда рассказывают о том, когда и кем создавался этот уникальный уголок на Кольском п-ове. Расскажем немного подробнее о людях, которые в 1920-30 гг. думали о том, как улучшить условия жизни и труда тех, кто пытался освоиться в суровом крае. Знакомство с растениями, имеющими полезные пищевые и лекарственные свойства, интродукция новых видов из южных краёв, их использование для украшения города и жилья – вот первые задачи, которые ставил перед собой и соратниками Н.А. Аврорин.

Молодой ботаник и географ Николай Аврорин был направлен на Кольский п-ов для продолжения исследований проф. Сергея Ганешина, трагически погибшего в Хибинах в 1930 г. Работа была запланирована на один сезон, но растянулась на долгие 29 лет. Очарованный суровой красотой края, Аврорин загорелся идеей создать питомник для новых, невиданных здесь растений. В августе 1931 г. он представил совещанию руководителей научных отрядов Горной станции АН СССР, администрации г. Хибиногорска и Президиуму АН СССР проект Полярно-альпийского ботанического сада (рис. 1). Он был поддержан видными учёными – акад. Александром Ферсманом, акад. Владимиром Ко-

<sup>1</sup> Доклад на областной конференции, посвящённой 75-летию Кировского историко-краеведческого музея, г. Кировск, 22-23 апреля 2010 г.

маровым – и одобрен местными властями. Проект предусматривал все основные направления современных исследований Ботсада: интродукция растений, изучение флоры, почв, физиологии и биохимии растений, проведение микробиологических анализов. Для Ботсада была выбрана удобная площадка на склонах Вудъяврчорра и Тахтарвумчорра. В 1932 г. положено начало уникальным коллекциям растений. Первыми образцами стали подаренные Ботаническим институтом АН СССР 26 видов кустарников и более 50 видов трав. Они были высажены на небольших участках, отвоёванных у леса.

Вместе с Николаем Александровичем работала его супруга Людмила Яковлевна. С ними жили дочь Ира, с медалью окончившая школу № 1, и сын Женя, учившийся в той же школе до 9 класса, ныне академик, физик-ядерщик (рис. 2). С 1932 г. с Н. Аврориным начали работать выпускники Ленинградского университета Л. Боброва (Качурина), М. Качурин и А. Коровкин (рис. 3). Лариса Ивановна – создатель коллекции древесных растений, разработала метод закалки и выращивания семян и саженцев в неотапливаемых блочных теплицах.



Рис. 2. Н.А. Аврорин с семьёй.

В 1934 г. в первой теплице Ботсада выращивались несколько видов тропических и субтропических растений. Сегодня здесь собраны представители пустынь, полупустынь, суб-

тропиков и, в меньшей степени, тропиков. Фонды включают растения разных областей земного шара, множество морфологических и экологических групп.

В 1934–36 гг. в первых экспедициях на Алтай (М.Х. Качурин) и в Саяны (А.А. Коровкин) получено большое количество семян, луковиц и черенков разных растений. Многие из них и сегодня есть в наших питомниках: купальница азиатская, аквилегия железковая и др. Кропотливым трудом первых сотрудников созданы питомники и проложена сеть тропинок, в т.ч. экологическая тропа по склону горы через все растительные пояса. Уже в довоенные годы Ботсад приобретает известность. Его посещают акад. Н. Вавилов, В. Вернадский, А.Гроссгейм, Д. Прянишников, проф. Б. Городков, Л. и А. Курсановы, С. Соколов, Ю. Цинзерлинг и другие деятели науки. Многие из них, в частности, Б. Тихомиров, А. Толмачёв и В. Андреев, становятся корреспондентами Ботсада и присылают для его коллекций и опытов сборы семян и растений.

В годы войны Полярно-альпийский ботанический сад был единственным учреждением Кольской базы, продолжавшим работу в прифронтовых условиях: все остальные были эвакуированы в г. Сыктывкар. Руководителем Ботсада, в котором тогда работали 10 человек, был назначен Н.А. Аврорин. Несмотря на трудности военного времени, удалось сохранить все коллекции и гербарий. На питомниках выращивали пищевые и лекарственные растения. В 1942 г. в химической лаборатории Ботсада разработаны методы переработки местных ягод на соки, сиропы, повидла без применения сахара. Здесь работали Л.Я. Аврорина, Б.А. Мишкин, молодые сотрудницы Т. Васильева (Исупова) и Н. Синицина (Шарова), проработавшие в Ботсаду много лет (рис. 3).

В Хибинь из Москвы были командированы будущий акад. А.Л. Курсанов и Н.Н. Дьячков, разработавшие технологию получения патоки и глюкозы из лишайников. На её основе комбинат «Апатит» построил небольшой завод, производивший патоку и глюкозу для населения и прифронтовых госпиталей. Проект завода подготовили инженеры «Апатита» С. Кельманзон и И. Сороко.

Сотрудники Ботсада читали населению лекции о применении местных витаминоносных и лекарственных дикорастущих и интродуцированных растений. За самоотверженный труд сотрудники Ботсада получили высокие правительственные награды, а Н.А. Аврорин награждён орденом Красной Звезды. В 1946 г. правительство оказало Ботсаду значительную материальную поддержку, благодаря которой расширилась тематика исследований и выросла численность коллектива.

В 1967 г. Ботсаду присвоен статус института Кольского филиала АН СССР. В 1981 г. в связи с 50-летием со дня основания, за заслуги в развитии ботанической науки, практический вклад в охрану и обогащение растительных ресурсов Заполярья Институт был награждён орденом «Знак Почёта». Ещё в проекте ПАБСИ от 1931 г. Н.А. Аврорин предусмотрел создание музея. Он открыт 26 августа 2001 г. накануне 70-летнего юбилея Ботсада. Экспозиция расположена в специально оборудованном помещении, состоит из стендов и витрин, где размещены документы, предметы, фотографии, отражающие этапы становления Института, деятельность его руководителей, научно-исследовательских отделов, лабораторий, результаты наиболее интересных практических работ и экспедиций.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт – один из самых известных на Крайнем Севере центров популяризации естественнонаучных знаний. Ежегодно в музее, питомниках и оранжереях проводится до 600 экскурсий для 10000 российских и зарубежных посетителей. Здесь они знакомятся с историей ботанических исследований края, уникальными коллекциями живых



Рис. 3. Первые сотрудники Ботанического сада. Слева направо, сверху вниз: Л.И. Качурина, А.А. Коровкин, Б.А. Мишкин, Т. Исупова, Н. Сеницына, Л.Я. Аврорина.

растений, горными и таёжными ландшафтами, вертикальной поясностью растительного покрова Хибин. В 2002 г. в связи с 70-летием Ботсаду присвоено имя его основателя и первого директора. Сегодня Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина – комплексное научно-исследовательское учреждение в составе Кольского НЦ РАН. ПАБСИ – важное звено в сети российских ботанических садов, заповедник, региональный центр ландшафтного дизайна и научно-просветительский центр.

### Кольские учёные в годы Великой Отечественной войны (1941-1945)

Макарова Е.И.<sup>1</sup>, Петров В.П.<sup>2</sup>, Токарев А.Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Научный архив КНЦ РАН, Апатиты

<sup>2</sup> Кольский научный центр РАН, Апатиты

### Kola scientists in the years of the Great Patriotic War (1941-1945)

Makarova E.I., Petrov V.P., Tokarev A.D.

В мае 2010 г. Россия отмечает 65-летие победы в Великой Отечественной войне. Кольский п-ов был освобождён от фашистов в октябре 1944 г. Победа над врагом далась ценой ежедневного героизма северян – на фронтах, в прифронтовой зоне Заполярья и в тылу. О войне написано немало, но до сих пор всплывают ранее не известные свидетельства героизма наших земляков. Среди них особое место занимает летопись повседневного научного труда кольских учёных, внесших вклад в великую победу научными достижениями.

Кировский р-н Мурманской обл. оказался прифронтовой зоной с первых дней войны. Её начало Кольская база Академии наук СССР встретила вместе со своим основателем акад. А.Е. Ферсманом. Вернувшись в Хибинские горы после отпуска, А.Е. Ферсман с сотрудниками готовился к проведению запланированной на 23-25 июня III научной сессии учёного совета Кольской базы АН СССР. Война внесла свои коррективы. 23 июня в Москве созвано внеочередное расширенное заседание Президиума АН СССР, где принято решение «отдать все свои знания, все свои силы, энергию и свою жизнь за победу над врагом и полный разгром фашистских бандитов». Так началась перестройка Академии наук для нужд обороны. Научные учреждения АН СССР получили задание «немедленно пересмотреть тематику и методы научных работ, направить все силы и средства на окончание исследовательских работ, связанных с обороной и народным хозяйством». Работа Академии наук велась по трём направлениям:

1. разработка проблем, имеющих оборонное значение, конструирование средств обороны;
2. научная помощь промышленности в улучшении и освоении производства;
3. мобилизация сырьевых ресурсов страны, замена дефицитных материалов местным сырьём. Выделение наиболее актуальных для военного времени задач позволило максимально мобилизовать научные ресурсы Академии наук для оказания помощи армии и экономике страны [1].

23-25 июня научная сессия учёного совета Кольской базы АН СССР проходила в условиях начавшейся в прифронтовой зоне Заполярья войны. В первый же день работы сессии в адрес Президиума Академии наук была направлена телеграмма-обращение коллектива Базы: «Учёный совет Кольской базы Академии наук СССР им. С.М. Кирова в далёкой северной Мурманской земле призывает все научные учреждения Союза [СССР] целиком отдать свои силы на решение исключительно задач, вызванных сейчас потребностями Красной армии, промышленности и хозяйства и решительно пересмотреть весь план своей работы. Чётко, целеустремлённо, едиными силами сплотимся для решения того, чего требует сейчас борьба против фашизма. Долой распылённость сил, неорганизованность в работе, медлительность в решении текущих неотложных задач! За железную дисциплину, великие творческие порывы и инициативу – всё для борьбы и победы! Пусть же все учёные всего Союза [СССР], все научные учреждения страны на призыв Родины ответят великим порывом энергии, воли и труда, каждый на своём месте, и все вместе в решении тех заданий, которые перед наукой поставила и поставит Родина в эти великие часы священной отечественной войны за социалистическое будущее. От имени учёного совета – директор Кольской базы Академии наук СССР им. С.М. Кирова академик А.Е. Ферсман. Хибинские тундры, Кировск. 23 июня 1941 г.» [2]

Тематика докладов участников сессии отвечала запросам военного времени. Открывая заседание учёного совета, А.Е. Ферсман призвал собравшихся к ответственности, самопожертвованию и дисциплине, назвав эти качества залогом победы. В завершение подчеркнул, что «надо временно отойти от больших дискуссионных проблем будущего, а вместо них поставить задачи сегодняшнего дня». Далее были заслушаны доклады о перспективах гидроэнергетической базы на Кольском п-ове (С.В. Григорьев), водах Кольского п-ова (проф. А.П. Виноградов), питьевой воде и проблемах водоснабжения г. Кировска (проф. И.К. Тихомиров); сообщение акад. А.Е. Ферсмана об издании сборника о 25-летию Хибин. Второй день сессии был посвящён минералого-геохимическим изысканиям на Кольском п-ове (И.В. Зеленков, В.С. Быкова, В.В. Ламакин, Л.А. Косой, Аверьянов). На третий день обсуждались возможности биологических и ботанических исследований в условиях войны. В заключение акад. А.Е. Ферсман призвал сотрудников к координированию работ с потребностями страны, целеустремлённости в достижении быстро-

го результата, инициативности, особенно в решении биологических проблем. «Каждый на своём посту должен бороться за наше общее дело и победу, сокрушая врага до его окончательного уничтожения», – закончил сессию учёного совета Кольской базы акад. А.Е. Ферсман [3].

В июле 1941 г. при ОГТН АН СССР создана комиссия по обслуживанию армии, в которую вошли входили 2 экспедиции, 8 групп и более 16 организаций со 150 научными сотрудниками. Её председателем назначен акад. А.Е. Ферсман. Задачей комиссии была детальная разработка каждой проблемы – от геологии до технологии и реализация идеи на заводах и фронтах. После эвакуации Кольской базы АН СССР А.Е. Ферсман возглавил оборонные комиссии по аэрофото съёмке и маскировке, стратегическому сырью, военной географии и подземным выработкам. Участвовал в разработке карт Волжской оборонительной линии» [4].

28 июня 1941 г. вражеская авиация предприняла первый массированный налёт на г. Кировск и железнодорожную станцию Апатиты. Здесь располагались тяговая подстанция в составе стационарного военно-эксплуатационного отделения № 102 (ВЭО-102), совхоз «Индустрия» и Апатитский посёлок. За июль-август 1941 г. из Кировска срочно эвакуировано 18 тыс. жителей, в т.ч. 11,5 тыс. детей. [5]. Около 10 тыс. кировчан ушли на фронт, в т.ч. научные сотрудники Кольской базы АН СССР: геологи И.В. Зеленков, А.М. Иванов, Е.К. Козлов, В.А. Седых (рис. 1); химики М.Т. Дедух и Е.И. Захаров; почвоведы В.И. Ключников и А.И. Ляхов, геоботаник В.П. Гутовский и др. В августе 1941 г. Кольская база АН СССР эвакуирована в г. Сыктывкар Коми АССР. 24 сентября 1941 г. СНК СССР разрешил Академии наук объединить КБАН СССР и Северную базу в одно учреждение в г. Сыктывкаре. 30 сентября и 1-2 октября 1941 г. вышли Постановления Президиума АН СССР об объединении Северной и Кольской баз АН СССР и создании Базы АН СССР по изучению Севера. 29 октября 1941 г. на основании телеграфного распоряжения заместителя председателя Комитета филиалов и баз АН СССР Н.Н. Колесникова по Базе издан приказ «Об образовании Базы АН СССР по изучению Севера со стационарами в г. Кировске и г. Архангельске» [6].



Рис. 1. Слева направо: Козлов Е.К. (28 июня 1941 г., Кировск), Иванов А.М., Седых В.А.

С ослаблением западных и южных регионов экономика страны требовала немедленного становления промышленной базы на востоке. Был необходим производственный и научный потенциал, поэтому учреждений АН СССР были эвакуированы во все ресурсосодержащие области тыла СССР. Из-за загруженности акад. А.Е. Ферсмана организаторской деятельностью по проведению научных исследований государственного масштаба, весь военный период Базой АН СССР по изучению Севера руководили его заместитель по Кольской базе Ф.М. Терновский и учёный секретарь (по совместительству – начальник спецотдела) К.В. Хоменко. Должность второго заместителя директора Базы занимали проф. В.А. Толмачёв, затем Г.О. Голято [7]. Акад. А.Е. Ферсман поддерживал постоянную связь с коллективом и был в курсе деятельности Базы весь военный период.

Первоначально штат объединённой Базы насчитывал 80 чел., но из-за мобилизации в армию и корректировки штатного расписания в связи с оборонными нуждами её численность неоднократно менялась в годы войны. В штате были преимущественно учёные Кольской базы АН СССР, исследователи из Архангельска, Гомеля, Ярославской обл., Петрозаводска и Москвы. Задачи военного времени требовали связи исследований с заинтересованными ведомствами



Рис. 2. Н.А. Аврорин, Л.И. Боброва.

лаборатории геолого-химического отдела Базы организована лаборатория горючих ископаемых во главе с проф. Д.Н. Курсановым. В составе агробиологического отдела создана лаборатория химии древесины под руководством М.А. Грехнева, утверждён список руководителей и исполнителей по тематическому плану Базы, который в 1942 г. включал 31 тему НИР, в т.ч. 12 – по геолого-геохимическому отделу. Для проведения научных исследований сотрудники Базы направлялись в Москву, Архангельск, Казань, Свердловск, Великий Устюг, Котлас, Кировск, блокадный Ленинград, на Урал, в Карелию. В 1943 г. на Базе сформировались 17 полевых отрядов, подписано 6 договоров на совместные исследования и по внеплановым работам. Научные исследования проводились совместно с учреждениями ГУЛАГа с использованием всех видов транспорта – от грузовых машин до лошадей. Несмотря на военное время и жёсткий режим экономии, научная библиотека Базы пополнялась новыми изданиями [8].

Одновременно с Базой АН СССР по изучению Севера в г. Кировске трудился небольшой коллектив (6-8 чел. – 1941-1943 гг.): директор Кировского стационара Базы (директор Ботанического сада КБАН СССР в 1931-1941 гг.) Н.А. Аврорин, с.н.с. Л.И. Боброва (рис. 2), м.н.с. А.Я. Мишкина, старший конюх Ф.Л. Чубун, вахтёры-пожарные И.Т. Мелехов и С. Лансевского.

В разные годы военного времени состав Кировского стационара пополнялся за счёт командированных из Сыктывкара и Москвы сотрудников Базы и временных работников. Здание Кольской базы было уничтожено пожаром в 1941 г., но оставались два деревянных двухэтажных здания на территории Ботсада. Одно из которых функционирует и сегодня – в нём размещены музейная экспозиция Ботсада и научный архив. В отчёте м.н.с. А.Я. Мишкиной за 1943 г. о работе группы интродукции и озеленения Ботсада сохранилось подробное описание погоды: «Зима 1942-1943 гг. была ранняя и необычайно обильная снегом. Снег выпал сразу в большом количестве, и зимний покров лёг с 12-Х. До самой поздней весны снегопады и метели почти не прекращались, изредка сменяясь ясными днями и непродолжительными сильными морозами – 20-25 градусов (в отдельные дни до – 35)» [9]. Каждый сотрудник Ботсада нёс трудовую вахту в тяжелейших погодных условиях военного времени. Садовник-цветовод А.И. Калинин круглосуточно поддерживал сохранность уникального коллекционного фонда Полярно-альпийского ботанического сада в Хибинах, за что по окончании войны награждён медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.». Учёные Кировского стационара продолжали ставить эксперименты по выращиванию лекарственных растений, внедряя их результаты в практику военных госпиталей. Л.И. Качурина, хранитель дендрологической коллекции Ботсада, занималась разработкой методов повышения зимостой-

Коми АССР. Годовой отчёт Базы за 1941 г. был представлен в Совет филиалов и баз АН СССР 14 января 1942 г. с опозданием на 7 дней. Скорректированный к 1 января 1942 г. план работы объединённой Базы был полностью нацелен на решение задач сельского хозяйства Коми АССР в военных условиях, развитие оборонной промышленности и разведку стратегического сырья Коми АССР и прилегающих р-нов. В рамках нового плана научной деятельности учёные Базы проводили сбор и обработку необходимых материалов с последующим анализом и конкретными рекомендациями, заменившими в условиях военного времени итоговые отчёты о НИР. В 1942 г. в составе Геохимической



Рис. 3. Курсанов А.Л., Мишкин Б.А.



Рис. 4.

и в 1945 г. они получили высокие правительственные награды.

В 1943 г. в Кировском стационаре восстановило работу отделение геохимической лаборатории под руководством Б.И. Мелентьева (рис. 5). В октябре 1943 г. он вместе с супругой, с.н.с. З.М. Гилевой, вернулся в г. Кировск, где в 1935-1941 гг. руководил лабораторией. Научный сотрудник Н.П. Белов провёл обследование почв в Мурманской обл. с целью выявить пригодные для сельскохозяйственного освоения земли. По итогам работы он составил крупномасштабные почвенные карты отдельных районов и Мурманской обл. в целом (1:500 000) и лист Государственной почвенной карты СССР (1:1000 000, в соавторстве), за что награждён орденом Трудового Красного Знамени и медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.». Проф. И.К. Тихомиров (рис. 6) был сотрудником Кольской базы в 1935-1938 гг., затем возглавлял метеослужбу объединения «Апатит», всю войну занимался обороной и водоснабжением предприятий г. Кировска, преподавал ряд дисциплин в кировских учебных заведениях: латинский язык в Кировской фельдшерско-акушерской, английский, математику, физику, географию, геоморфологию, гидрогеологию в Кировском горно-химическом техникуме. В 1945 г. И.К. Тихомиров награждён медалью «За оборону Советского Заполярья» [10].

Хотя комбинат «Апатит» был эвакуирован на Средний Урал и Казахстан, его отдельные подразделения, локализованные в труднодоступных для авианалётов шахтах Хибин, в кратчайшие сроки организовали выпуск боеприпасов. Ведущим цехом комбината «Апатит» прифронтовой зоны стал опытный химический завод, производящий фосфор и огнесмель «КС». В 1942-1943 гг. поставки военной продукции наладились от Мурманска до Сталинграда.

В Кировском р-не продолжал работать совхоз «Индустрия», находившийся рядом с железнодорожной магистралью и станцией Апатиты. В начале войны штат совхоза сократился на 50 % в связи с мобилизацией работников на фронт [11]. Несмотря на бом-

кости и ускорения развития природных северных растений: ягод, трав, мхов и лишайников – для получения лекарственных средств. Начаты ею в 1932 г. репродукционные исследования 1500 видов травянистых растений 500 семейств и 500 видов деревьев и кустарников стали основой обеспечения медицинских учреждений области и фронта важными лекарственными травами. А.Л. Курсанов (рис. 3) на базе лаборатории биохимии и физиологии растений Кировского стационара разработал технологию промышленного производства глюкозы из лишайников (рис. 4). Н.Н. Дьячков и Б.А. Мишкин (рис. 3) организовали на территории Ботсада мини-завод по производству лечебных соков, сиропа, повидла без сахара и обеспечивали ими госпиталя и фронт. Трудовой подвиг кольских учёных был приравнен к выполнению боевого задания,



Рис. 5. Мелентьев Б.И.

бёжки вражеской авиации, продолжавшиеся вплоть до 1943 г., колхозники выращивали на полях урожай и держали на ферме скот. По окончании войны медалями «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.» награждены следующие учёные Полярного отделения Всесоюзного института растениеводства и Базы АН СССР по изучению Севера: П.А. Турнас, автор практического руководства по сельскохозяйственному освоению и использованию северных болот на опытных полях совхоза, О.А. Полынцева (рис. 7), в 1938 - 1944 гг. проводившая почвенно-географические исследования почв совхоза «Индустрия» и колхоза «Ёна»; П.Г. Усова, изучавшая проблему повышения плодородия почв Мурманской обл. и физиологию урожайности зерновых;



Рис. 6. Тихомиров И.К.



Рис. 7. Полынцева О.А.

С.А. Каспарова, проводившая экспериментальные работы по биохимии иммунитета овощных культур и зимостойких северных сортов картофеля, капусты и др. овощей; Н.Е. Кабанов, руководивший в годы войны исследованиями зимних оленьих пастбищ, решая сельскохозяйственные проблемы северного животноводства; С.Н. Игнатьевская, исследовавшая кормовые бобовые культуры и дававшая практические рекомендации по её улучшению.

В январе 1944 г. секретарь Мурманского обкома ВКП(б) М.И. Старостин обратился к президенту АН СССР акад. В.Л. Комарову по поводу восстановления Кольской базы АН СССР им. С.М. Кирова на прежнем месте. Инициатива Мурманского обкома ВКП(б) была поддержана

Президиумом АН СССР и СНК СССР. Распоряжением СНК СССР от 15.04.1944 № 8153-Р Кольская база им. С.М. Кирова АН СССР под руководством акад. А.Е. Ферсмана была восстановлена. Распоряжение Бюро Совета филиалов и баз АН СССР от 3 июня 1944 г. утвердило разделение кадров Базы по изучению Севера и определило порядок раздела имущества – в срок до 20 июня 1944 г. Это зафиксировано в протоколе между заместителем директора восстановленной Кольской базы Ф.М. Терновским и заместителем директора образованной Коми базы АН СССР И.И. Оплесниным.

18 июня Ф.М. Терновский отбыл на Кольский п-ов для организации места восстановленной Кольской базы. Она разместилась в пос. Апатитовая гора в выделенных Кировским горсоветом новых площадях. Оформление приёма-передачи имущества и переезда Базы заняло почти всё лето и завершилось к концу августа 1944 г. В штат Кольской базы переведено 54 чел., в т.ч.: академиком – 1 (в Коми – 0), докторов наук – 0; (в Коми – 2), кандидатов наук – 4 (в Коми – 14); с.н.с. – 8 (в Коми – 4); м.н.с. – 4 (в Коми – 4); н.т.р. – 2 (в Коми – 6). В Архангельский стационар переведено 5 сотрудников, из них 2 кандидата наук, 1 с.т.с. и 2 м.н.с. Кольская база получила 35 % имевшегося научного потенциала расформированной Базы, 60 % учёных осталось в Коми. Штат Кольской базы на момент передачи сотрудников составил 46 чел., столько же осталось в Сыктывкаре (5 – в Архангельске) [12]. Планы по восстановлению Кольской базы в мае 1945 г. совпали с тяжёлой утратой – 20 мая 1945 г. ушёл из жизни акад. А.Е. Ферсман. В стране наступил восстановительный период.

#### Список литературы

1. Комков Г.Д., Левшин Б.В., Семёнов Л.К. Академия наук СССР. Краткий исторический очерк. М.: Наука, 1974. С. 341-343.
2. АРАН. Ф. 544. Оп. 1. Д. 419 а. Л. 1.
3. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 116. Л. 1, 1а-2; 85-86.
4. АРАН. Ф. 580. Оп. 1. Д. 11. Л. 18.
5. К ГАМО. Ф. 7. Оп. 3. Д. 1. Л. 17; Д. 19. Л. 41-42.
6. АРАН. Ф. 188. Оп. 2. Д. 2. Л. 4.; НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 3. Д. 1. Л. 40-42.
7. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 22. Д. 10. Л. 2-3.
8. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 3. Д. 3. Л. 71-74; Д. 4. Л. 119-120. Ф. 1. Оп. 22. Д. 10. Л. 4.
9. НА ПАБСИ КНЦ РАН. Ф. 5. Оп. 1. Д. 33. Л. 18.
10. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 122. Л. 32-35; Ф. 1. Оп. 18. Д. 586. Л. 2-41.
11. КГАМО. Ф. 179. Оп. 1. Д. 1363. Л. 1-2.
12. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 22. Д. 10. Л. 3-4.

### Технологическое решение проблемы перовскита

Мотов Д.Л.

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева  
КНЦ РАН, Апатиты, motov@chemy.kolasc.net.ru

### Technological decision of the perovskite problem

Motov D.L.

*Статья посвящена истории переработки перовскита на Кольском п-ове в сотрудничестве с заводами Ярославля, Днепродзержинска (Украина) и Силламяэ (Эстония).*

*The article is dedicated to the history of processing perovskite on the Kola Peninsula jointly with partner plants of Yaroslavl', Dneprodzerzhinsk (Ukraine) and Sillamäe (Estonia).*

Теоретический химический состав перовскита ( $\text{CaTiO}_3$ ) (мас. %):  $\text{TiO}_2$  – 58.9,  $\text{CaO}$  – 41.0. Чистые разновидности минерала встречаются редко. Для него характерен изоморфизм, состав изменчив для разных массивов Кольского п-ова (табл. 1) [4].

Таблица 1. Химический состав перовскита из различных массивов Кольского п-ова.

Компоненты	Африканда							Озёрная Варака, мельтейтит	Лесная Варака	
	оливинит		пироксенит		кальцит-амфиболитовый диоксид	пегматит			оливинит рудный	пегматит щелочной
	мелкозернистый	грубозернистый	грубозернистый	крупнозернистый		амфиболитовый диоксид	нефелиновый			
$\text{SiO}_2$	0.40	0.84	0.12	0.36	0.60	0.44	1.93	0.46	0.18	1.15
$\text{TiO}_2$	54.43	55.43	56.36	52.06	53.36	50.84	51.47	53.00	54.08	52.35
$\text{ThO}_2$	–	0.13	–	0.17	0.16	0.16	–	0.11	0.18	0.08
$\text{Nb}_2\text{O}_5$	1.24	0.35	0.64	2.02	1.66	1.50	2.50	0.81	0.34	0.60
$\text{Ta}_2\text{O}_5$		0.07				0.11	Следы	0.10	0.07	0.06
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.60	Следы	0.80	0.15	0.15	–	1.30	Следы	–	–
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.94	1.68	1.60	2.00	1.72	1.88	0.43	«	1.58	2.32
$\text{Ln}_2\text{O}_3$	3.20	2.18	2.20	7.56	5.20	6.68	10.70	5.20	4.13	3.56
$\text{FeO}$	0.84	0.97	–	–	–	Следы	1.44	2.66	Следы	0.42
$\text{MgO}$	–	0.07	Следы	–	–	«	0.30	0.12	–	Следы
$\text{CaO}$	38.05	36.46	37.20	35.34	36.86	33.83	26.35	34.20	36.66	35.65
$\text{SrO}$	–	–	0.42	–	0.10	2.10	1.63	1.25	0.93	1.72
$\text{Na}_2\text{O}$	0.30	0.46	0.10	–	0.52	1.67	1.10	0.76	0.96	0.74
$\text{K}_2\text{O}$	0.08	0.44	–	–	–	0.68	Следы	0.48	0.56	0.45
F	–	0.01	–	–	–	–	–	–	0.08	Следы

До 1930-х гг. отечественная и зарубежная промышленность не знали способов переработки перовскита. Вопрос обрёл актуальность в 1936 г. после обнаружения промышленных запасов перовскито-титаномангнетитовых руд неподалёку от станции Африканда на Кольском п-ове. Разными организациями предлагалось более десятка технологических схем переработки концентрата. При обогащении руды Африканды получается перовскитовый концентрат, содержащий (мас. %)  $\text{TiO}_2$  – 48-50;  $\text{CaO}$  – 33-35;  $\text{SiO}_2$  – 3-5,  $\text{Ln}_2\text{O}_3$  – 2-4,  $\sum(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_5$  – 0.9-1.2. В его состав также входят 1-1.5 %  $\text{FeO}$ , 2.5-3.0 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 1-1.5 %  $\text{MgO}$ , 0.5-1.5 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 0.1 %  $\text{ThO}_2$ . Из схем переработки предпочтительны хлорирование, металлургический, азотнокислотный и комплексный серноокислотный методы [1]. При хлорировании перовскита в значительных количествах образуется хлорид

кальция  $\text{CaCl}_2$ , который плавится и затрудняет процесс. Металлургическим путём перерабатывают смешанный перовскито-титаномагнетитовый концентрат. В результате электроплавки получают ниобийсодержащий чугунок и титанистый шлак, содержащий 50-55 %  $\text{TiO}_2$ . Метод необходимо комбинировать с химическими способами переработки, прежде всего с серноокислотным, позволяющим из шлака получить  $\text{TiO}_2$ , а из чугуна извлечь редкометалльные продукты. Азотно-кислотный метод позволяет отделить титан и ниобий от РЗЭ и кальция.

Серноокислотными методами перовскитовый концентрат перерабатывается на титановые пигменты без извлечения других ценных компонентов. Применялось жидкофазное вскрытие перовскита 76 %-ной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Получен сернокислый раствор с высоким кислотным фактором (к.ф.), позволяющий осуществить его переработку только на титано-кальциевый пигмент путём гидролиза с введением извести.

Перовскитовый концентрат интенсивно взаимодействует с  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с большим выделением тепла. Реагирующая масса затвердевает до окончания процесса разложения. Сульфатизация перовскита по твёрдофазному методу с применением концентрированной серной кислоты приводит к схватыванию массы, что затрудняет дальнейшее разложение. В связи с этим предложена комбинация твёрдофазного и среднефазного способов разложения, при которой извлечение титана в раствор поднималось до 90 %, но растворы имели высокий к.ф. – 3.1-3.6 [5].

Предпринята попытка получить из перовскита титановых растворов с к.ф. 2.0-2.2. Концентрат тонкого помола разлагали 80-85 %-ной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при 200 °С в присутствии железного порошка, препятствующего схватыванию массы. Расход на 1 т концентрата 1.6 т  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 60 кг Fe-порошка. После выщелачивания раствор упаривали до концентрации  $\text{TiO}_2$  200-250 г/л и подвергали гидролизу.

Наиболее трудная задача при комплексной переработке перовскита – отделение титана от ниобия (тантала). Выполненное физико-химическое изучение системы  $\text{TiO}_2\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-(NH}_4)_4\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$  в области водных растворов с разделением титана и редких металлов путём высаливания оксо-сульфатотитаната аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{TiO}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (СТА) послужило основой для создания рациональных схем переработки [2].

Намечены четыре серноокислотные схемы переработки перовскита, выбрана наиболее рациональная. При её реализации на опытном участке ИХТРЭМС проведены полупромышленные испытания серноокислотного вскрытия перовскитового концентрата в аппарате объёмом 1.5 м<sup>3</sup>, работающем без подвода тепла. 12 проведённых сульфатизаций с переработкой 2.5 т концентрата показали, что степень вскрытия перовскита за 3.5-4 час. составляла 98-99 %. После вскрытия титан и редкие металлы переводили в раствор, высаливали из него Ti(IV) в виде СТА, получали редкометалльные продукты и утилизировали раствор с выпуском сульфата аммония. По результатам испытаниям составлен проект цеха. Предложен перспективный вариант непрерывной твёрдофазной сульфатизации перовскитового концентрата смесью серной кислоты и сульфата аммония и серной кислотой с незначительным количеством сульфата аммония. Показано, что производительность установки определяется не мощностью обогрева, а её транспортными возможностями [3].

Технологические трудности серноокислотной переработки перовскита связаны с получением и утилизацией большого количества сульфата кальция, наличие которого – недостаток серноокислотных схем. Для его устранения предложена комбинированная азотно-серноокислотная технология, позволяющая перед серноокислотной стадией азотнокислотной обработкой извлечь из перовскита РЗЭ, торий, значительное количество кальция и тем самым повысить технико-экономические показатели.

Поскольку кальций положительно влияет на тепловой эффект реакции при серноокислотном разложении, имело смысл не извлекать его полностью на стадии азотнокислотной обработки, а найти условия, при которых извлекается большое количество РЗЭ, тория и железа, а в полупродукте остаётся необходимое для сульфатизации количество кальция.

Приднепровский химический завод (ПХЗ) (г. Днепропетровск, Украина) заинтересовался перовскитом и серноокисотно-аммонийной технологией. Он был в одном Главке со Сланцевым химическим заводом (СХЗ) г. Силламяэ (Эстония), освоившим переработку лопарита по подобной технологии. У ПХЗ была общая с СХЗ проблема: было неясно, как задействовать освобождавшиеся в нём мощности в интересах страны. Лопарита дать им не могли, а перовскит вполне под-

ходил. Он слабо радиоактивен, содержит те же ценные компоненты, что и лопарит, но в других соотношениях и ощутимых количествах: кальция (35 % в пересчёте на оксид) в лопарите намного меньше – около 4% по оксиду.

Опытный цех завода решал проблему перовскита. Каждый опыт – это 750 кг перовскитового концентрата. Первый этап – многочасовая обработка азотной кислотой в режиме кипения. Раствор фильтровался и последовательно нейтрализовался содой с осаждением железоториевого кека и редкоземельного продукта. Из фильтрата упариванием выделяли с грануляцией натриевую селитру. После азотнокислотной обработки твёрдый продукт становился влажным и содержал азотную кислоту. Это приводило к тому, что при введении продукта в реактор-

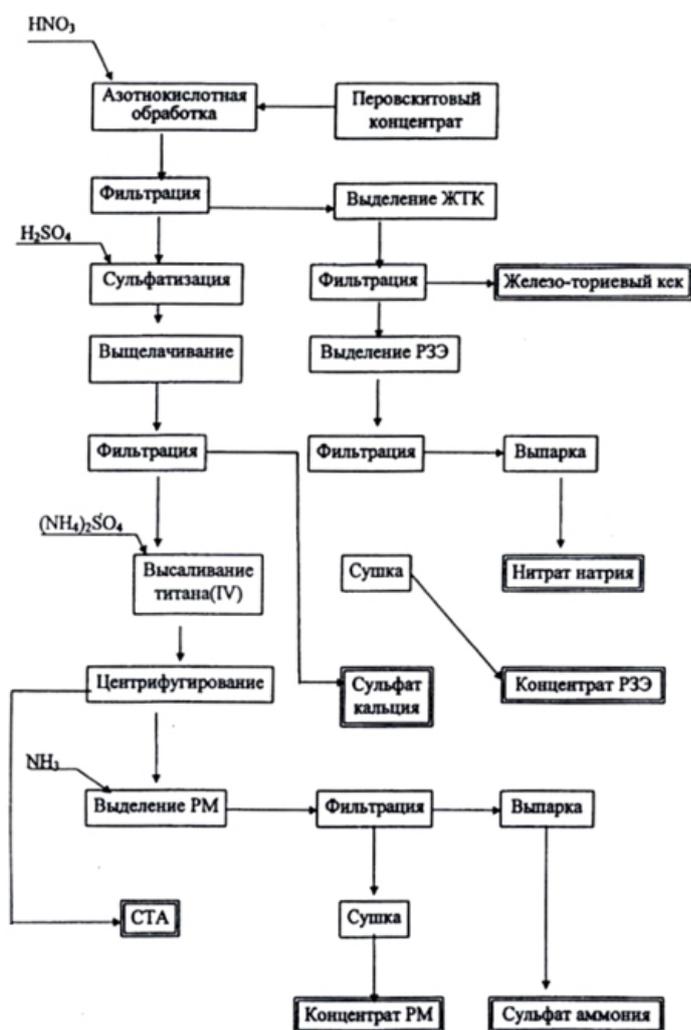


Рис. 1. Азотно-сернокислотная схема комплексной переработки перовскита.

ла около 60 %, что не соответствовало технологии. При ужесточении условий вскрытия: увеличении продолжительности, повышении температуры – степень сульфатизации выросла до 80 %, но в какой-то момент происходило внезапное схватывание массы. Из жидкой она превращалась в застывший плав «козёл», который было необходимо механически разжижать, греть и выпускать из реактора через нижний слив. Степень сульфатизации оказывалась не выше 80 %. После фильтрации раствор сильно разбавлялся по титану, и его переработка становилась нетехнологичной.

В лабораторных условиях спонтанное загустевание массы происходило за счёт образования неравновесного двухводного титанилсульфата, который кристаллизовался в виде ступка иголок, поглощающих всю жидкость в нём. Образно это можно представить как стог сена, впитавший дождь. В лабораторных условиях температура образования «козла» была выше 140 °С, концентрация серной кислоты в жидкой фазе – до 60-66 %. Поэтому следовало упаривать массу

сульфатизатор с нагретой серной кислотой происходило энергичное вспенивание, цех оказывался в азотнокислом дыму, и реакционная масса убегала из реактора. Пришлось срочно вводить дополнительную операцию промывки кека после фильтрации, чтобы довести остаточное содержание азотной кислоты в нём до безопасного уровня. Её некоторое количество было необходимо, чтобы пассивировать и не подвергать коррозии реактор из нержавеющей стали.

Главной операцией была сульфатизация – вскрытие полупродукта с помощью серной кислоты, получаемого после азотнокислотной обработки концентрата. Перовскит вскрывается серной кислотой относительно легко: нагревается его смесь с концентрированной серной кислотой и экзотермическая реакция связывания оксида кальция серной кислотой запускает процесс. После азотнокислотной обработки перовскита кальция в нём остаётся мало, при сульфатизации нужно поднимать температуру с помощью внешнего обогрева. Кислота в реакторе разбавляется влагой полупродукта и становится не концентрированной. Степень сульфатизации определялась по содержанию нескрытого титана в остатке. В первых опытах она составля-

до реакционного повышения температуры. В реакторе должны отсутствовать кристаллы этой соли-паразита, играющие роль затравки и способствующие образованию «козла». После устранения «козлов» степень сульфатизации стала около 90 %, чего явно недостаточно для технологии.

С учётом «эффекта массы» при загрузке (1.2 т перовскитового концентрата), реактор оказывался заполненным до критической отметки, а степень вскрытия составляла не менее 98 %. После сульфатизации следовало выщелачивание, при этом получали концентрированный по титану раствор. В него вводили сульфат аммония по расчёту и высаливали титановую соль – аммонийтитанилсульфата (СТА) в моногидратной форме, по составу аналогичную производимой СХЗ при переработке лопарита. Соль подвергалась специальной промывке, чтобы со временем она не перекристаллизовывалась в безводную форму с потерей свойств. Получено больше 30 т соли, которую направили на испытания в качестве титанового дубителя. По качеству она отвечала требованиям технических условий продукта, выпускавшегося СХЗ.

После высаливания титановой соли СТА фильтрат нейтрализовался аммиаком. Осаждались гидроксиды ниобия и тантала с остаточным количеством титана. Осадок фильтровали, высушивали и направляли на переработку по экстракционной технологии с получением ниобия и тантала. После выделения редкометалльного продукта фильтрат упаривался на сульфат аммония в опытном цехе ПХЗ. Азотно-сернокислотная схема комплексной переработки перовскита приведена на рис. 1.

При всех положительных результатах полупромышленных испытаний завод ПХЗ счёл, что целесообразнее организовать переработку хибинского апатитового концентрата на минеральные удобрения – аммофос. Она легче и ощутимее, чем «перовскитовая», и завод от страны «получит дивиденды», производя минеральные удобрения. Кроме того, переработка апатита требовала меньших финансовых затрат.

Главный продукт переработки перовскита – оксосульфатотитанат аммония (СТА). На 1 т перовскита его получается около 2.3 т, и он подлежит переработке на пигментный диоксид титана. Путём прокаливания такой соли получается диоксид титана, но он не будет пигментом. Чтобы получить пигментный диоксид, необходимо выдержать насыщенный раствор соли при кипении, произойдёт гидролиз с осаждением гидроксида титана или гидратированного оксида титана, прокаливанием которого можно получить пигментную двуокись титана – титановые белила.

С сернокислотно-аммонийной технологией перовскита связана технология титаномангнетита, который тоже входит в Африканское месторождение. При обогащении получают два концентрата: перовскитовый и титаномангнетитовый. Титаномангнетитовый концентрат вскрывали отходящим сернокислотным раствором от перовскита. Из раствора получали железистоокисные пигменты (красный, жёлтый, коричневый и чёрный) удовлетворительного качества. Их также использовали при ремонтно-строительных работах.

Промышленные испытания по переработке СТА выполнены в цехе двуокиси титана Ярославского завода «Свободный труд». Оставалось сомнение в достижении высоких промышленных результатов: поскольку не достигается такая же высокая концентрация раствора по двуокиси титана, какая реализуется с «ильменитовыми растворами», качество пигмента не может быть достигнуто. Поэтому переработка цеха двуокиси титана завода «Свободный труд» на это сырьё не считалась целесообразной.

Было необходимо дать физико-химическое обоснование возможности СТА стать пигментом. Во-первых, при проведении испытаний прокаливанию вели в двух вращающихся печах 18 и 9 м. Но они работали с явной недогрузкой из-за отсутствия нужного количества материала. Это приводило к перекаливанию продукта и ухудшению его качества. Поэтому пробы промышленных гидролизом прокаливали в муфельных лабораторных печах с соблюдением температурного и временного режимов, что позволило получить диоксид титана с высокими пигментными свойствами.

Во-вторых, размол продукта проводили на «Мельнице Леше». Вследствие перекаливания он был более жёстким, и величина отсева на сите – 10 тыс. отверстий/см<sup>2</sup> оказалась выше нормы (0.5-1.0 % вместо 0.2 %). Когда пробы измельчили после лабораторного прокаливании, величина отсева составила 0.12 %.

В-третьих, выяснился механизм действия добавки триоксида сурьмы. Оказалось, что она

играет роль структурирующего начала, сшивая обладающие зарядом зёрна гидроксидного продукта в лабильные агрегаты. Это приводит к укрупнению частиц и существенно повышает скорость фильтрации гидролизата. При прокаливании такие агрегаты остаются, но при смешении диоксида титана со связующим, например, с олифой, они распадаются и образуют тонкодисперсный диоксид титана с высокой интенсивностью. Добавка триоксида сурьмы также устраняет фототропию диоксида титана, и на свету пигмент остаётся белым без каких-либо оттенков. Таким образом, добавка триоксида сурьмы в промышленных испытаниях оказалась находкой для утверждения права СТА стать пигментом. Эта добавка существенно повышала фильтрующие свойства гидролизата и улучшала пигментные показатели продукта: укрывистость, белизну и интенсивность, хотя об

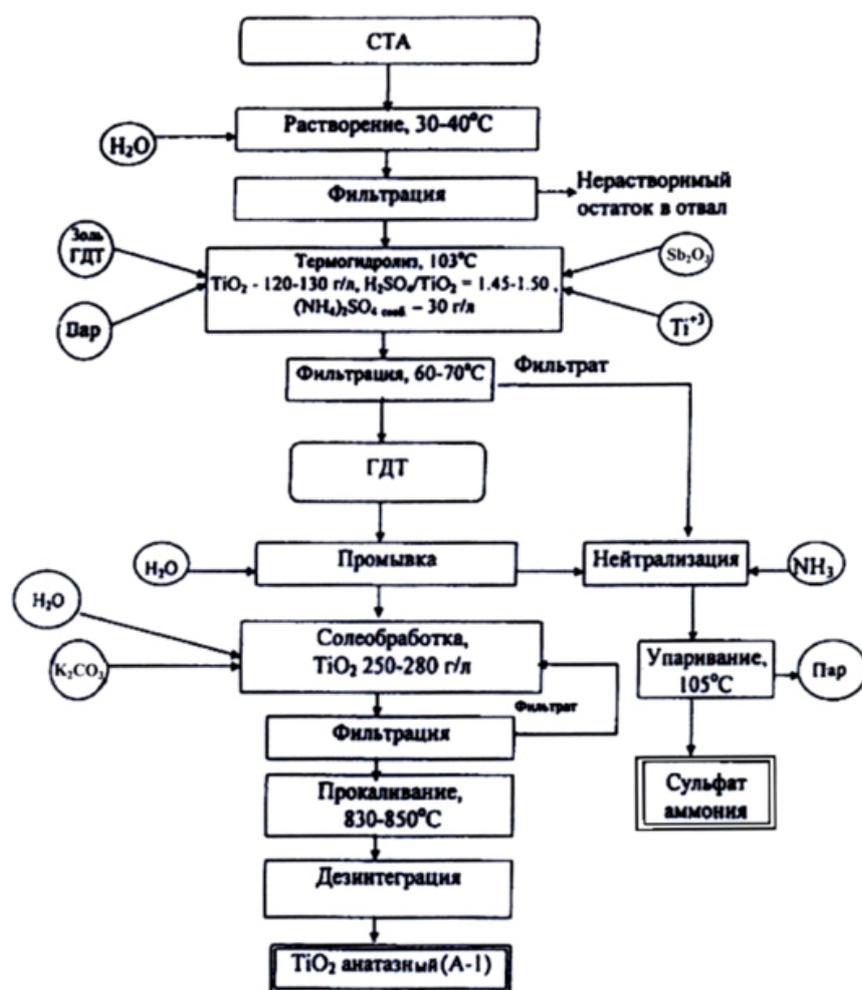


Рис. 2. Технологическая схема получения из СТА пигментного  $\text{TiO}_2$  анатазной модификации.

– интенсивность, или разбеливающую способность. Полученные характеристики нанесены на графики. Установлены точки, соответствующие целочисленным значениям. По ним построены изолинии характеристик и изображена визуализированная система, объясняющая, при каких концентрациях свободных серной кислоты и сульфата аммония в растворе надо вести гидролиз, чтобы получить оба фактора в оптимальных значениях. Этот процесс управляем, и гидролиз может быть направлен в нужное русло.

Увеличение концентрации диоксида титана в гидролизуемом растворе до величины, свойственной «ильменитовым растворам», за счёт удаления части сульфата аммония и получения отрицательной концентрации свободного сульфата аммония привело к формированию крупнодисперсный осадок. Он обладает очень высокой скоростью фильтрации, но максимальное значение интенсивности в три раза ниже требуемой. Право титановой соли СТА стать пигментом доказано промышленными испытаниями СТА на заводе «Свободный труд» и физико-химическим

этих возможностях триоксида сурьмы никто раньше не догадывался.

В-четвёртых, концентрация диоксида титана в растворе СТА не может составить «ильменитовую величину» – 180-200 г/л, а только 120-130 г/л. Но остаются составляющие СТА, которые находятся в соли за счёт маточного раствора – это свободные серная кислота и сульфат аммония. Их роль определили, построив «гидролизную систему» – провели гидролиз, варьируя состав раствора по разрезам, изменяя концентрацию свободных серной кислоты и сульфата аммония от нулевой точки, которая соответствует чистой СТА, без маточного раствора, до возможных концентраций этих компонентов. При этом следовало фиксировать скорость фильтрации суспензии и главный показатель прокаленного пигмента

обоснованием процесса. Технологическая схема получения из СТА пигментного  $\text{TiO}_2$  анатазной модификации приведена на рис. 2.

Претендентов реализовать процесс было три: Ярославский завод «Свободный труд», в котором был первый в СССР цех по производству двуокиси титана из ильменита, Череповецкий азотно-туковый завод, у которого были свободные площади за счёт перехода с коксохимического источника водорода на природный газ, и Сланцехимический завод в г. Силламяэ (Эстония), где получалась эта титановая соль при сернокислотной переработке лопарита по нашей технологии. По той или иной причине все точки несостоятельными. К СТА проявила интерес кожевенная промышленность – соль стала применяться в качестве титанового дубителя кож. Из возможных направлений использования СТА в производстве подошвенных (жестких) кож выбраны три:

- дубление титановой солью подготовленных шкур, т.н. голя, с последующей поддубкой синтетическими дубителями (синтанами),
- комбинированное дубление с использованием СТА и выпускаемой циркониевой соли,
- титанирование – разновидность комбинированного дубления, при котором вместо подготовительных операций – пикелевания и хромирования – производится обработка голя титановой солью.

СТА также производила мягкие кожи и последубильные операции. По каждому направлению применялась соответствующая методика, при которой необходимое количество соли в твёрдом виде вводилось в дубильный барабан. Она быстро растворялась, и ионы титана проникали в кожу, т.е. происходил прокрас голя титаном. После этого с помощью нейтрализующих веществ повышался рН кожи, и наступало химическое связывание титаном функциональных групп белка кожи коллагена – титановое дубление.

Материал был внедрён на 22 кожевенных заводах страны. Способ получения титанового дубителя и его применения для дубления кож защищён патентами Франции, Индии, ФРГ и США. Титановый дубитель стандартизирован государственными техническими условиями ТУ 95-290-74 как сульфат титанила и аммония для дубления кож. Им заинтересовалась фирма «Лицензинторг» при Минвнешторге СССР. Сделано 13 изобретений, по которым в 25 странах получено 53 патента. Заключено три лицензионных соглашения с итальянскими фирмами «Медио Вальдарно С.п.А.» и «Битосси Дианелла С.п.А.», одно с австралийской фирмой «Беларусь Трактор, Ltd». Цена этих лицензий составила \$ 2.6 млн., в т.ч. с первой фирмой – \$ 2.05 млн.

Эпопея дубителей прошла максимум и пошла на убыль после развала Советского Союза, когда промышленное производство титанового дубителя оказалось в Эстонии и без нашего сырья. Считается, что развитие идёт по спирали. Не исключено, что со временем заложенная база переработки перовскитового концентрата на титановый дубитель и пигментный диоксид титана будет востребована.

#### Список литературы

1. Горощенко Я.Г., Мотов Д.Л., Белокосков В.И. и др. К вопросу и выбору схемы технологического процесса для получения титановых пигментов из перовскитового концентрата с попутным извлечением редких металлов. Л.: изд-во АН СССР, 1959. Вып. 1. С. 148-221.
2. Мотов Д.Л. О технологии комплексной переработки перовскитового концентрата // Химическая технология переработки редкометалльного сырья Кольского п-ова. Л.: Наука, 1972. С. 56-64.
3. Мотов Д.Л. Физико-химия и сульфатная технология титано-редкометалльного сырья. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2002. Ч.1. 189 с., Ч. 2. 163 с.
4. Найфонов Т.Б. Флотация титановых минералов при обогащении комплексных титаносодержащих руд. Л.: Наука, 1979. 165 с.
5. Штерн М.А. Получение двуокиси титана из перовскита // Журн. прикл. химии. 1938. Т. 11. № 5. С. 1155-1160.

**Первые учреждения культуры в архивных документах <sup>1</sup>**

Пивоварова Т.В.

Государственный архив Мурманской обл., Кировск

**First cultural institutions in archive documents**

Pivovarova T.V.

Документы архивного фонда отдела образования администрации г. Кировска за 1930-е гг., воспоминания первых строителей и жителей города свидетельствуют о размахе промышленного и жилищного строительства и создания условий жизни хибиногорцев. В 1932-36 гг. среди прочих культурных учреждений открылись Театр рабочей артистической молодёжи, Вечерняя рабочая консерватория, городская библиотека им. М. Горького, Дом-музей им. Кирова, Центральный парк культуры и отдыха, первый в Мурманском округе Дом пионеров и октябрят. Построенный в 1932 г. кинотеатр «Большевик» стал центром культурной жизни города.

Archive documents of 1930s being stored in the Kirovsk Administration Educational Department, memoirs of pioneer builders and citizens testify to an impressive scope of the industrial and civil building and creating favorable living conditions for the Khibinogorsk residents. Among other cultural institutions, in 1932-1936 the town enjoyed opening of the Working Artistic Youth Theatre, Evening Conservatory for Workers, M. Gorky's town library, Kirov's Museum-House, Central Amusement Park, House of Pioneers and October Children, the latter being the first in the Murmansk area. Built in 1932, the "Bolshevik" cinema became the centre of organization of the town's cultural life.

В 1930-е гг. не существовало органа местной власти, курировавшего деятельность учреждений культуры. В эти годы руководство ими было сосредоточено в отделе образования Хибиногорского (с 1934 г. – Кировского) горисполкома. В горно было инспектор политпросветработы, в обязанности которого входил контроль над деятельностью учреждений культуры. Согласно архивным документам, уже в первые годы становления Хибиногорска таковых было немало.

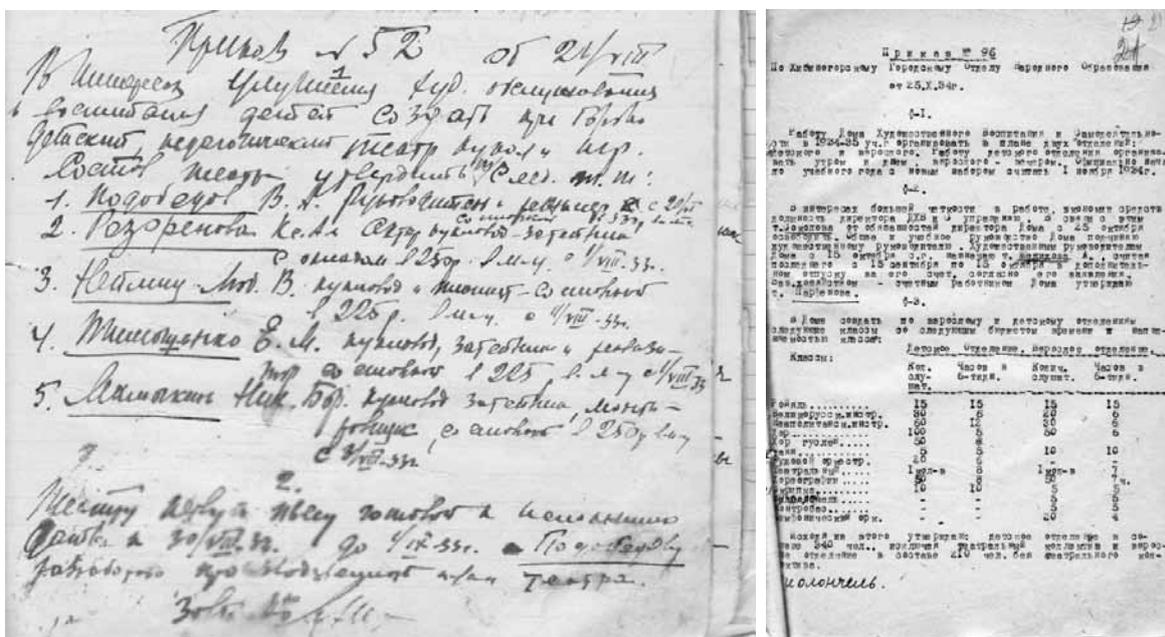


Рис. 1. Приказы по Хибиногорскому горно, пояснения в тексте.

5 февраля 1932 г. открылся Театр рабочей артистической молодёжи (ТРАМ), который в первый же год существования подготовил несколько политобзрений, кукольное представление к 1 Мая и два больших спектакля. Создана Вечерняя рабочая консерватория, которая имела отделения массовых инструментов, духовиков-инструкторов, хоровое, вокальное и фортепианное.

<sup>1</sup> Доклад на областной конференции, посвящённой 75-летию Кировского историко-краеведческого музея, г. Кировск, 22-23 апреля 2010 г.

Из Ленинграда для консерватории был привезён рояль, два новых пианино, почти полный оркестр великорусских и неаполитанских инструментов, новый баян, духовые инструменты, скрипки и виолончель. Впоследствии на её базе был открыт Дом художественного воспитания детей. Из приказа зав. Кировским горороно № 96 от 25.10.1934: «Работу Дома художественного воспитания и самодеятельности в 1934-1935 уч. г. организовать в плане двух отделений: детского и взрослого» (рис. 2). Здесь обучали музыке, балету, изобразительному искусству, литературе, организовывали работу по выявлению одарённых детей, созданию музея детского художественного творчества, где должны быть представлены живопись, художественные лепка, вышивание, резьба, материалы по литературному творчеству детей и т.д.



Рис. 2. Слева направо, сверху вниз: кукольный театр; фойе клуба горняков в пос. Кукисвумчорр; детский утренник в клубе горняков; драмкружок Дома пионеров – опера «Весёлый портняжка».

Темпы роста культурных учреждений, особенно в 1932 г., впечатляют. В газете «Хибиногорский рабочий» от 7 ноября 1932 г. отмечалось, что в 1930-1931 гг. работали только два клуба, а за один 1932 г. организовано 6 новых клубов, выстроен звуковой кинотеатр, организованы Консерватория, ТРАМ, Рабочий университет, открыт дом ИТР, выстроена база ОПТЭ (Общество пролетарского туризма и экскурсий), расширилась работа радицентра. В городе функционировали 40 красных уголков, 8 библиотек, 9 книжных магазинов и киосков. В Хибиногорске, где основная масса жителей – выходцы из деревень, спецпереселенцы, представители многих национальностей, культурно-массовая работа приобретала особое значение. Первые руководители промышленности и города принимали это во внимание, о чём свидетельствуют факты. В самый тяжёлый период строительства Хибиногорска, когда люди жили в палатках, землянках, шалманах (последняя палатка ликвидирована 4 октября 1932 г. – из письма управляющего трестом «Апатит» В.И. Кондрикова в Президиум Ленинградского облисполкома о жилищном строительстве), 29 сентября 1931 г. Хибиногорский горсовет принимает решение о строительстве кинотеатра и

Дома техники. 7 ноября 1932 г. состоялось открытие кинотеатра «Большевик». Это был первый звуковой кинотеатр на Кольском п-ове, один из крупнейших в Союзе. 7 ноября 1932 г. в газете «Хибиногорский рабочий» вышло объявление, извещающее об открытии первого звукового кинотеатра на 1200 мест. «Звуковое кино!.. Какая была радость, когда, несмотря на все препятствия, 7 ноября 1932 г. кино было открыто, – вспоминает Инна Лазаревна Тартаковская, – Любая картина в этом кино казалась ярче, интереснее, чем в столичных театрах...»

Кинотеатр стал центром планирования культурной жизни трудящихся. В феврале 1933 г. в нём проходил первый общегородской слёт по организации рабочего досуга. Работники клубов, библиотек, кино, культурмейцы, учителя встретились с ударниками производства, партийно-советским и профсоюзным активом города и вместе решали вопрос об организации культурного отдыха рабочих. В те годы было организовано обсуждение кинофильмов на страницах печати и стенгазет, постоянно устраивались выставки в фойе кинотеатра, уголки вопросов и ответов, перед началом киносеансов систематически проводились лекции на различные темы. Много внимания уделялось работе с детьми. В кинотеатре устраивались детские утренники, юбилейные торжественные собрания, слёты передовиков производства, городские конференции, концерты с участием столичных артистов. Да разве можно перечислить все события, происходившие в нашем кинотеатре.



Рис. 3. Драмкружок Дома пионеров.

Приказом зав. Хибиногорским горно от 21.08.1933 № 52 был открыт Детский педагогический театр кукол и игр. В 1933 г. открылась городская библиотека им. М. Горького. В 1934 г. в пос. Кукивумчорр построен клуб горняков. В 1935 г. открылись Дом-музей им. Кирова и Центральный парк культуры и отдыха. В 1936 г. открылся первый в Мурманском округе Дом пионеров и октябрят, парк культуры и отдыха в пос. рудника им. Кирова (рис. 2, 3).

В начальный период строительства Хибиногорска ленинградцы составляли ядро не только промышленности, но и культурных учреждений. Культурная жизнь хибингорцев была пропитана ленинградским

духом и стилем. Ленинградские организации помогли создать Вечернюю рабочую консерваторию, Театр рабочей артистической молодёжи, выступления которого пользовались большой популярностью. Режиссер ТРАМа Я. Плаксин прибыл из Ленинграда. Старательно обслуживало хибингорцев ГОМЭЦ (Государственное объединение музыки, эстрады и цирка).

Заведующий горняцким клубом Виталий Николаевич Перов и его жена (библиотекарь) тоже приехали в Хибины из Ленинграда. Эти талантливые организаторы разыскали среди горняков немало одарённых личностей, в одном из отделов управления нашли внештатного балетмейстера. В клубе нередко бывали Василий Иванович Коңдриков, Александр Евгеньевич Ферсман, Иоган Гансович Эйхфельд и др. руководители.

Ленинград оказывал учреждениям культуры большую шефскую помощь. По воспоминаниям Семячкина Павла Петровича, направленного Ленинградским обкомом ВКП(б) в Хибины в 1932 г., Выборгский Дом культуры г. Ленинграда шефствовал над клубом горняков им. Кирова. Из Ленинграда в Хибиногорск приезжали артисты, выступавшие прямо в забоях, на строительных площадках, в цехах. Учителя в школах, преподаватели в консерватории, Доме художественного воспитания детей в большинстве своем были ленинградцами.

Согласно архивным документам, уже в первые годы Хибиногорска проявилась постоянная забота о культурном досуге населения. Именно тогда заложены культурные традиции нынешнего Кировска, который вместе с Апатитами мы по праву считаем культурной столицей Кольского Заполярья.

### Музей как центр воспитания культуры природопользования на Крайнем Севере<sup>1</sup>

Писарева Т.М., Виноградов А.Н.

Центр гуманитарных проблем Баренц региона КНИЦ РАН, Апатиты, museum@admksk.apatity.ru

### Museum as a centre for cultivating the sustainable nature management on the Extreme North

Pisareva T.M., Vinogradov A.N.

*Музей Кольского научного центра РАН ведёт просветительскую работу по геологии и минералогии Кольского п-ова, демонстрируя примеры «ноосферной» стратегии природопользования и устойчивого развития Крайнего Севера. Экспозиции выполнены с учётом интересов разных возрастных групп и образовательного уровня посетителей.*

*The Museum of the Kola Science Centre RAS carries out educational activity on the geology and mineralogy of the Kola Peninsula, giving examples of the noosphere strategy of the nature management and sustainable development of the Extreme North. Expositions meet interests of various age groups of visitors and those with different educational level.*

*Человек далеко ещё не победил и не обуздал силы природы, и ещё нужно громадное напряжение ума, воли и знания, чтобы научиться превращать силы и вещества природы в полезные и культурные завоевания хозяйства и промышленности.*

А.Е. Ферсман



В конце 1980-х гг. между Россией и Скандинавскими странами возникло межгосударственное объединение «Баренц-Евро-Арктический регион». В его пределах был облегчён режим трансграничного взаимодействия в целях устойчивого развития территорий России, Норвегии, Швеции и Финляндии, примыкающих к побережью Баренцева моря. Мурманская обл. стала географическим и деловым центром объединения как самая развитая и обжитая часть западного сектора Арктической зоны России.

<sup>1</sup> Доклад на областной конференции, посвящённой 75-летию Кировского историко-краеведческого музея, г. Кировск, 22-23 апреля 2010 г.

В сердце Кольского п-ова расположен г. Апатиты, аккумулирующий большую часть научного и образовательного потенциала области. Здесь находятся 10 академических институтов, Академический университет, 3 филиала университетов Санкт-Петербурга, Мурманска, Петрозаводска. Музейный комплекс Кольского научного центра включает Музей-архив истории изучения и освоения Европейского Севера, выставку «Рациональное использование природных ресурсов Кольского п-ова», Геологический музей и Мемориальную квартиру-музей акад. А. Сидоренко. Экспозиции всех музейных подразделений демонстрируют роль Академии наук в формировании и реализации «ноосферной» стратегии природопользования и устойчивого развития Крайнего Севера.

Базовое положение учения о ноосфере великого геолога и философа акад. В. Вернадского гласит: «Человек – это часть Природы, поэтому создаваемая им жизненная инфраструктура, включающая поселения, пути сообщения и промышленные предприятия (единым словом – «техносфера»), должна находиться в равновесии с окружающей средой». Сегодня понятие «ноосфера», или «сфера разума» звучит на любой дискуссии по устойчивому развитию мирового сообщества. Толчком к этому стало предложение российской делегации принять «Ноосферную Конституцию Земли» на саммите ООН в Иоганнесбурге в 2002 г.

80 лет назад, когда учение о ноосфере только зарождалось, акад. А. Ферсман, обладая огромной прозорливостью, энергией и инициативой, настоял на выборе более затратного на первых стадиях пути хозяйственного освоения «дикой тундры» на основе опережающего научного знания. Он был убеждён, что, в соответствии с учением о ноосфере, использование природных ресурсов (минеральных, биологических, водных, рекреационных) должно подчиняться Экологическому Императиву: нельзя допускать или провоцировать разрушение естественно сформировавшихся за миллионы лет экологических систем ради сиюминутных экономических выгод. Этот принцип он воплотил в жизнь в ходе инициированной им в 1920-е гг. «Хибинской эпопеи», давшей толчок ускоренной индустриализации Кольского Заполярья.

Опыт освоения природных ресурсов Мурманского края – первый в истории пример целенаправленного применения новой концепции в освоении «диких просторов Арктики». Он задокументирован и сохранён для потомков в базах данных и коллекциях Музея-архива истории изучения и освоения Европейского Севера и Научном архиве КНЦ РАН.

Для реализации базовых принципов ноосферной стратегии требуются точные знания о ресурсном потенциале осваиваемой территории, допустимые пределы изъятия ресурсов из природной среды и выбросов в неё отходов «техносферы», знание населения правил «общезития» с окружающим миром чистой природы; административные органы, способные отслеживать соблюдение требований Экологического Императива и пресекать их нарушения. По всем направлениям А.Е. Ферсману приходилось начинать практически с нуля. О ресурсном потенциале края до «эпохи Ферсмана» было известно следующее. В XII-XVIII вв. на юге области добывали и экспортировали в Европу прозрачную слюду-мусковит для изготовления оконниц, «варили» соль из морской воды, добывали аметист и жемчуг. В нач. XVIII в. на южном берегу п-ова открыто серебро. За 10 лет десяток шахт добыл для царской казны более 100 пудов металла, из которого чеканились первые российские серебряные рубли. На этом перечень полезных ископаемых в летописях заканчивался.

Ещё в 1763 г. Михаил Ломоносов сказал: «По многим доказательствам заключаю, что и в северных земных недрах пространно и богато царствует натура. <...> Искать оных сокровищ некому... а металлы и минералы сами на двор не придут, они требуют глаз и рук к своему поиску». Но вплоть до XX в. Мурман считался безрудным и бесплодным, пригодным лишь для выпаса оленей и прибрежного рыболовства. Лишь два вида минерального сырья продолжали поступать на внутренний рынок из Кольского края: аметисты с Терского берега и речной жемчуг.

Даже строительство порта Романов-на-Мурмане в 1916 г. и прокладка к нему 900-километровой железной дороги от Петрозаводска принципиально не изменили экономическое и культурное пространство региона. Только планомерные исследования 1920-х гг. под руководством акад. А.Е. Ферсмана перевернули представление о Кольском крае. Уже первые экспедиции привели к открытию крупнейших в мире месторождений апатита – сырья для производства фосфора и фосфатных удобрений, отсутствовавших в России. По предложению Ферсмана, которое поддержал секретарь Ленинградского обкома ВКП(б) С.М. Киров, в Хибинских горах, где не было ни дорог, ни источников энергии, в 1929 г. заложен первый рудник. Началось строительство Хибиногорска. Город рос из палаточных «шалманов» первопоселенцев. Рядом с горным комбина-

том открылись первые в Арктике учреждения науки, культуры и образования: Кольская база Академии наук «Тиетта», Полярно-альпийский ботанический сад, Горно-химический техникум, художественная и музыкальная школы для детей, кинотеатр, Дом культуры, профилакторий для рабочих. Развивалось сельское хозяйство. В 1931 г. под руководством А.Е. Ферсмана организовано Бюро НИС по решению вопросов комплексного использования полезных ископаемых Кольского п-ова; первая же технология переработки апатит-нефелиновых руд исключала сброс нефелиновых хвостов в р. Белую. «Дикий край» с первобытно-общинным укладом жизни трансформируется в урбанизированную и индустриально-развитую территорию в полном соответствии с ноосферной стратегией освоения Арктики.

Одними из ключевых звеньев новой цивилизационной системы были Геологический музей «Тиетты», пропагандировавший научные знания о минеральных богатствах края и возможностях их рационального использования, и Ботанический сад, демонстрировавший способы охраны природы вокруг строящихся рудников. Разрабатывались технологии «зелёного строительства (озеленения и цветоводства) в социалистических городах Советского Заполярья». Сподвижница Ферсмана, учёный секретарь Кольской базы Академии наук Александра Оранжиреева так характеризовала просветительскую работу: «Наряду с научными исследованиями ... База Академии наук вела огромную культурно-просветительскую работу. В новом здании из полевых образцов была сформирована первая выставка полезных ископаемых. <...> Через Базу и Ботанический сад ежегодно проходило несколько тысяч туристов со всех краёв и концов Союза, которых знакомили с географией, историей, природными богатствами и их использованием. Особенно многочисленны за последние два года были группы учителей географов и школьников – отличников учёбы. Затем читаются лекции по радио, лекции в рабочих клубах Кировска и посёлка, в школах для пионеров, доклады для парт. и профактива».

В годы Великой Отечественной войны здание «Тиетты» и находившийся в ней музей уничтожил пожар, но экспозиции единственного в мире арктического Ботанического сада удалось сохранить. В полном объёме музейная деятельность возобновилась лишь в 1961 г., когда по инициативе акад. А. Сидоренко на месте будущего г. Апатиты был построен первый в мире заполярный Академгородок. В нём возобновили работу 11 научно-исследовательских институтов АН СССР. В сжатые сроки они сформировали современное представление о богатствах недр Кольского п-ова и прилегающих морских акваторий: более 450 месторождений полезных ископаемых, среди которых крупнейшие в мире месторождения апатита, слюд (флогопита и вермикулита), никеля, редких металлов, титана, циркония.

Во второй половине XX в. к богатствам суши добавились богатства арктических морей: на шельфе Баренцева моря выявлено более четверти российских запасов углеводородов, включая крупнейшее в Европе Штокмановское газоконденсатное месторождение. Около трети рыбных ресурсов страны сосредоточено в Северном промысловом бассейне. По всем видам выявленных в регионе ресурсов разработаны оптимальные технологии промышленного освоения. В 1960-80-е гг. часть из них удалось реализовать. В Мурманской обл. вырос мощный горнопромышленный комплекс из 8 городов с общим населением более 350 тыс. чел. Из скромной базы российского северного флота Мурманск превратился в крупнейший промышленный и транспортный узел Арктики с населением до 450 тыс. чел. По темпам роста в XX в. Мурманская обл. не имела равных среди Арктических регионов: население мирового Заполярья выросло за век вдвое, в Мурманской обл. – в 70 раз.

Стремительная урбанизация таила опасность – превышение экологической ёмкости легкоуязвимой северной территории. Стоило единожды нарушить Экологический Императив и уклониться от ноосферной стратегии, как разразилась экологическая катастрофа – кислотные дожди в р-не медно-никелевых комбинатов Мончегорска и Заполярного погубили леса и почвенный покров тундр на площади в сотни квадратных километров. После этого вновь была осознана необходимость опережающей научной проработки проблем развития техносферы и практических рекомендаций по бережному природопользованию. В 1980 г. открылась выставка «Рациональное использование природных ресурсов Кольского п-ова», демонстрирующая главные типы минерального сырья, технологии их добычи, обогащения и комплексной переработки в различную конечную продукцию – от чёрных металлов и удобрений до новейших наноматериалов или сверхчистых совершенных кристаллов со специальными свойствами. Возможности нетрадиционного применения минеральных богатств раскрывают экспозиции редких по красоте минералы Хибин, Ловозера, Кейв, Ковдора, самоцветов, декоративных пород, оригинальные

технические изделия из местного природного сырья и горнопромышленных отходов и картины из каменной крошки.

В годы перестройки КНЦ и его музей сыграли большую роль в формировании новой стратегии природопользования на Европейском Севере. В 1987 г. выставку представили будущему первому Президенту СССР, Генеральному секретарю ЦК КПСС М. Горбачёву. Председатель Президиума Центра В. Калинин продемонстрировал руководителю страны огромный потенциал региона в сфере сотрудничества с соседними странами, освоении ресурсов Арктики и защите её природы. Вскоре Баренц-регион стал ареной приграничного сотрудничества. В КНЦ открылись 4 новых института, в т.ч. первый в СССР Институт промышленной экологии Севера. Сделан первый шаг к превращению сырьевой экономики края в инновационную – построены опытные производства для реализации передовых разработок КНЦ. Наблюдая суперсовершенные кристаллы (из них 15 тыс. выращено на заводе «Северные кристаллы» для Большого адронного коллайдера в Женеве), рекордно чистые редкие металлы для электронной и космической техники, посетители убеждаются, что и на окраине великой России наука лидирует на острие технического прогресса. Подтверждается и верность ферсмановской стратегии трансформации «дикой окраины» в опорный пункт ноосферы – сферы разума.

Музей КНЦ стал визитной карточкой края и наглядно демонстрирует, как удалось сохранить первозданную природу Хибин в непосредственной близости от крупнейшего в Европе горно-химического комбината. Картины учёных, созданные во время экспедиционных работ, и работы из фотоальбома «Очарование Хибин» отражают чистоту природной среды убедительнее научных выкладок. В результате активной пропаганды наш опыт природоохранной деятельности стали перенимать соседние страны. С выставкой КНЦ регулярно знакомятся консульские работники, губернаторы, преподаватели и студенты вузов скандинавской части Баренц региона, США, Канады, Японии, Китая, Австралии, ЮАР.

В последние годы просветительская функция выставки приобрела особую значимость, поэтому экспозиции стали готовиться с учётом интересов посетителей разных возрастных категорий и образовательного уровня. Для школьников в рамках учебных программ по природоведению, географии, химии и экологии разработаны тематические экскурсии, на которых показывается, как научные знания претворяются в конкретные промышленные проекты. Уроки в музее регулярно проводят все школы города. Для взрослой туристической аудитории, ежедневно поставляемой туроператорами Апатитов, Мурманска и Кандалакши, даётся общий обзор минеральных богатств и раскрывается перспектива развития экономики края с одновременным улучшением экологической ситуации. Особую группу посетителей составляют руководящие работники всех уровней: академики, видные учёные, руководители предприятий, предприниматели. Для них выставка служит рабочей площадкой для обсуждения стратегии развития региона и науки. Её преимущество перед традиционным конференц-залом – наличие под рукой наглядных и весомых аргументов. Например, к визиту лауреата Нобелевской премии Ж. Алфёрова, курирующего в Академии наук развитие нанотехнологий и представляющего академическую науку в Государственной Думе, были подготовлены две новые экспозиции. Они представляли удивительные открытия кольских минералогов – находку природных прототипов наносорбентов, успехи химиков в разработке синтетических наноматериалов для различных областей техники. Итогом экскурсии стало обещание одного из мировых научных лидеров содействовать созданию в Апатитах нового центра производства наноматериалов. Это даст шанс на технологический прорыв в создании сверхмощных сорбентов для очистки вод от нефтяных, токсичных и радиоактивных загрязнений, т.е. более надёжную защиту хрупкой северной природы от техногенного пресса.

Материальной силой, меняющей мир, становятся только идеи, овладевающие массами. У кольских учёных, последовательно развивающих ноосферную стратегию природопользования, множество полезных идей. Задача Музея – не только довести их до широких масс, но и зажечь в душах северян желание претворить их в жизнь – во благо себе, стране и будущим поколениям. Наши возможности невелики – за год с экспозицией знакомится ок. 4000 чел., но большинство запоминают посещение надолго и приводят своих детей и учеников. Круг приобщённых к ноосферным идеям ширится: приезжают группы студентов из Москвы, Петербурга, Воронежа, Украины, Польши, Швеции и Германии. Музей формирует новую культуру обращения с природой и способствует её передаче от поколения к поколению, от старожиллов Севера – новосёлам, поток которых будет расти по мере освоения шельфовых месторождений нефти и газа.

### О дополнении к биобиблиографии А.Е. Ферсмана

Раменская М.Е.

Географический ф-т МГУ, Москва, ramuza@yandex.ru

### On addition to A.E. Fersman's biobibliography

Ramenskaya M.E.

*Автором предпринята попытка объединить списки трудов акад. А.Е. Ферсмана и работ, посвящённых его жизни и научной деятельности. Представленный список дополняет биобиблиографию учёного, выпущенную более 45 лет назад, и может быть не полным. Принимаются дополнения по списку.*

*The author attempted at listing all works of Acad. A.E. Fersman and those dedicated to his life and scientific activity. The current list adds the scientist's biobibliography published more than 45 years ago and is no full. Any addition is welcome.*

Первые книги серийного издания Академии наук «Материалы к биобиблиографии учёных СССР» вышли в 1946 г. Биобиблиография А.Е. Ферсмана издана Книжной палатой в 1940 г. В академической серии она выпущена вскоре после 80-летия учёного и появления нескольких журнальных статей о нём. Из всех биобиблиографий учёных СССР того времени Ферсмановская – самая толстая – 224 с. В ней перечислены 1378 печатные работы А.Е. Ферсмана (включая 259 газетных статей) и 260 материалов о нём, в т.ч. 30 зарубежных статей. Главная задача серии – помочь читателю найти любую работу учёного или публикацию о нём. Сравнивая биобиблиографии разных учёных, можно сделать некоторые заключения об их деятельности и эпохе.

Таблица 1. Сведения о количестве научных, научно-популярных и других публикаций по биобиблиографиям четырёх учёных и публикаций о них.

Автор, годы жизни	Всего работ	Н.п., публ., персоналий	Переводов	Карт	Научных трудов	Соавторов	Трудов без соавт.	Трудов под его редакцией	Работ о нём	Примечания
А.Е. Ферсман 1883-1945	1422	471	2	1	692	38 (+12 газетных статей)	628	Не отме- чены	281	259 газет- ных
Н.И. Вавилов 1887-1942	533	153	–	4	380, включая вторичные публикации	13	371	26	830	468 до ареста
Н.В. Белов 1892-1982 всего	1759	103	15 книг	–	1515	370	305 науч- ных 245	45	139	Соавторы в разные годы повто- ряются
в т.ч. до 1950	163	76	14	–	63	20	42	1	8	
1951-1960	187	9	1	–	148	35	106	7	20	
1961- 1986	1409	56	–	–	1304	323	154	31	111	
А.Э. Конторович, род. 1934	1265	84	–	15	1181	323	279 науч- ных 102	77	66	Карты с со- авторами

В таблице приведены главные данные о числе работ А.Е. Ферсмана, его современника Н.И. Вавилова, младшего современника, активно проработавшего до 90 лет, Н.В. Белова и нашего современника – А.Э. Конторовича. Работы, опубликованные повторно, из общего числа не выделены; тома избранных трудов считаются как 1 том за 1 работу.

А.Е. Ферсман публиковал свои идеи в научном и популярном виде. Новые наблюдения захватывали его, и он спешил ими поделиться. Его увлечение передавалось другим людям, и они много писали о нём и его работах. После смерти А.Е. Ферсмана до выхода биобиблиографии в

свет ежегодно выпускается несколько книг и статей учёного. Через 8 лет начинают печататься наиболее значимые работы в 7 томах «Избранных трудов». Одновременно продолжают переиздаваться его научно-популярные книги. Из таблицы видно, что после смерти учёного друзья и ученики постарались издать его рукописи, доводя некоторые до конца. Второй том «Пегматов» ждёт исследователя, который закончит работу на современном уровне и издаст её вместе с подготовленной А.Е. Ферсманом частью.

У Н.И. Вавилова публикации обрываются с арестом и возобновляются после реабилитации. Неопубликованных рукописей значительно больше. Переиздаются опубликованные, но забытые работы, исследователи открывают новые сферы деятельности Н.И. Вавилова. О том, что он был одним из крупнейших репрессированных учёных, говорит обилие публикаций о нём.

Как видно из сравнения подсчётов двух книг с биобиблиографиями младших исследователей, во времена А.Е. Ферсмана и Н.И. Вавилова «коллективное творчество» было не принято. Каждый автор самостоятельно и под своим именем публиковал свою часть работы. Сейчас трудно понять, пишет ли учитель за ученика, просит ли его написать работу и подписывается под ней, сохранив имя автора, или это действительно коллективное творчество. Резкий всплеск совместных публикаций наступает после 1950 г., когда, по-видимому, в отчётность было включено их количество. Об этом свидетельствует книга, посвящённая Н.В. Белову. Опубликовать работу совместно с учителем было почётно. Но, по-видимому, с какого-то времени стало неэтичным публиковать свои результаты без руководителя. Надо отдать должное Н.В. Белову: публикации расшифровок кристаллических структур под его именем были оправданы. Расшифрованные с его участием структуры остались у него голове, послужив основой «Очерков по структурной минералогии».

С момента публикации единственной в серии биобиблиографии А.Е. Ферсмана прошло более 45 лет. Наступила необходимость в дополнениях к ней. После вышедшей в 1962 г. биобиблиографии Н.И. Вавилова в серии их издано ещё 2: первая через 5 лет, вторая – через 20 (по ней приведены данные в таблице). Помимо неё опубликованы библиографии, подготовленные Центральной с.-х. библиотекой, Саратовским (СГАУ им. Н.И. Вавилова) и Московским (Тимирязевская академия) аграрными университетами. Дополнительные списки литературы об А.Е. Ферсмане не выходило больше 45 лет. Предпринята попытка проделать эту работу. Просмотрены реферативные журналы (РЖ) «Геология» со дня основания (1954-55 гг. РЖ «Геология и география») по 2010 г. Полученные списки работ сверены с биобиблиографией 1964 г (в ней пропущено 3 работы, прореферированные РЖ) и каталогами крупнейших московских библиотек: РГБ, БЕН, Геологического ф-та МГУ и ИГЕМа. В последнем есть алфавитная картотека журнальных статей. Просмотрены сборники и подборки в журналах. Автор располагал каталогами библиотек КНЦ (Апатиты), Сыктывкара и Санкт-Петербурга. Работу необходимо продолжить, поскольку некоторые издания могут быть пропущены. Помимо случайных пропусков, с распадом СССР и отменой обязательной сдачи части тиража в Книжную палату далеко не все издания достигают Москвы. В этой связи автор просит ознакомиться с дополнением к биобиблиографии и сообщить названия работ, вышедших в других регионах и не попавших в списки. Если это будет сделано к следующей Ферсмановской сессии, в её трудах можно будет опубликовать Дополнения к биобиблиографии А.Е. Ферсмана за 1964-2010 гг. По ним будет отслежен выход работ в свет: постепенное угасание с резкими пиками в юбилейные годы. После 2003 г. (120 лет), когда Минералогический музей выпустил книгу «Неизвестный Ферсман», по 2-3 публикации об учёном ежегодно выходят в трудах Ферсмановских сессий и журнале «Тиетта».

## Дополнение к биобиблиографии А.Е. Ферсмана

### I. Работы об А.Е. Ферсмане

1. А.Е. Ферсман – лидер в науке (1883 – 1945) // Мир камня. 1995. № 5. С. 58-60.
2. А.Е. Ферсман (1883 – 1945). Жизнь и деятельность. Сборник, посвящённый выдающемуся советскому учёному, геохимику и минералогу, кристаллографу и геологу, географу и путешественнику. М.: Наука, 1965. 478 с.
3. А.Е. Ферсман – выдающийся минералог и геохимик современности // Известия вузов. Разведка и охрана недр. 1983. № 5. С. 72 – 83.
4. А.Е. Ферсман и его роль в развитии Кольского горнопромышленного комплекса // Развитие минералогии и геохимии их связь с учением о полезных ископаемых. М. 1983. С. 233-239.
5. Абдурахимов С. Изучение геологии, геохимии и минералогии Таджикистана академиком А.Е. Ферсманом (к 90-летию со дня рожд.) // Науч. конф. аспирантов и м.н.с. Института исто-

рии естествознания и техники АН СССР. Москва, 1974. (Депонированная рукопись 29 сент. 1975 г., № 2777 деп.)

6. Академик А.Е. Ферсман и проблема минерального стратегического сырья // Редкие элементы. Сырьё и экономика. М. 1976. № 11. С. 82-85.
7. Александр Евгеньевич Ферсман (1883 – 1945) // Российская наука в лицах. Сост. Маврина Т.В. Кн. 1. М.: Academia, 2003. С. 409-418.
8. Александр Евгеньевич Ферсман // Тр. Ин-та минералогии, геохимии и кристаллографии редких элементов АН СССР. 1959. Вып. 2. С. 3-4.
9. Александр Евгеньевич Ферсман. Жизнь и деятельность. М.: Наука, 1965. 478 с.
10. Арманд Д.Л. Воспоминания военных лет // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 261-263.
11. Архив АН СССР. Обзор архивных материалов (литература об исследователях). Л.: Наука, 1959. 400 с.
12. Бабаев К.Л. А.Е. Ферсман – выдающийся исследователь нашей эпохи // Узбекский геологический журнал. 1974. № 2. С. 11-16.
13. Бабаев К.Л. А.Е. Ферсман – один из основоположников учения о металлогении // Записки Узбекстанского отделения Всес. минералог. общ. 1983. № 36. С. 3-7.
14. Бабаев К.Л. Пути развития производительных сил в Средней Азии в трудах акад. А.Е. Ферсмана // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 263-266.
15. Бакуненко И.Т. Магматический этап формирования гранитных пегматитов (по данным изучения включений) // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 263-266, С. 62-72.
16. Баландин Р.К. Александр Евгеньевич Ферсман. Пособие для учащихся. Просвещение, 1982. 112 с.
17. Баландин Р.К. Поэт камня. М.: Знание, 1982. 191 с.
18. Баранова Т.Г. Минералогическая коллекция Горно-геологического музея ОАО «Апатит» // Минералогия во всём пространстве сего слова. Тр. III Ферсмановской науч. сессии, посв. 50-летию Кольского отделения РМО. Апатиты, 27-28 апреля 2006 г. Апатиты: изд-во К & М, 2006. С. 11-13. (Приводится запись А.Е. Ферсмана в Книге отзывов Музея.)
19. Баратов Л.Б., Россовский Л.Н. Вклад А.Е. Ферсмана в изучение минеральных ресурсов Средней Азии // Минералогия Таджикистана. 1986. Вып. 7. С. 6-10.
20. Барсанов Г.П. К 80-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана // Тр. Минералогического музея АН СССР. 1964. Вып. 15. С. 256-257.
21. Барсанов Г.П. К 90-летию со дня рожд. акад. А.Е. Ферсмана // Тр. Минералогического музея АН СССР. 1974. Вып. 23. С. 3-5.
22. Барсуков В.Л. Современные проблемы геохимии // Развитие минералогии и геохимии их связь с учением о полезных ископаемых. М. 1983. С. 83-100.
23. Баян О. Советский учёный и дети // Тьетта. 2009. № 3(9). С. 32-36. (Статья из журнала «Семья и школа» 1950, № 2 об А.Е. Ферсмани.)
24. Белов Н.В. Дорогой друг и наставник // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 237-241.
25. Белянкин Д.С. Корифей минералогии // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 263-266.
26. Бирбаум Ф., Фаберже А. – А.Е. Ферсману // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 149-151.
27. Боруцкий Б.Е. Идеи акад. А.Е. Ферсмана и современные проблемы Хибин // Развитие минералогии и геохимии их связь с учением о полезных ископаемых. М. 1983. С. 40-66.
28. Боруцкий Б.Е. Камень плодородия // Природа. 2008. № 10. С. 49-66.
29. Буторина Л.А. Ферсман А.Е. – минералог, геохимик, академик – организатор науки // Буторина Л.А. Геологи – исследователи Ильмен. Екатеринбург: изд-во УрО РАН, 2004. С. 119.
30. Бутузов В.П. Предсказания акад. А.Е. Ферсмана осуществились // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 133-140.
31. Васнецов В.А. Богатства недр земных были богатством его души // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 267-269.
32. Буянова Т.Ю. Путешествия и поездки А.Е. Ферсмана // Редкие элементы. Сырьё и экономика. М. 1983. № 17. С. 64-68.
33. Васнецов В.А. Богатства недр земных были богатством его души // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 267-269.

34. Вернадский В.И. Письма В.И. Вернадского к А.Е. Ферсману. М.: Наука, 1985. 272 с.
35. Вернадский В.И. Письма В.И. Вернадского – А.Е.Ферсману // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 89-97.
36. Вертушков Г.Н. А.Е. Ферсман и минералогическое картирование рудоносных территорий // III Всес. минералогический семинар. Миас, 4-7 окт. 1983. Свердловск. 1985. С. 4-12.
37. Виноградов А.П. Академик Александр Евгеньевич Ферсман. К 75-летию со дня рожд. // Геохимия. 1969. № 2. С. 103-104.
38. Виноградов А.П. Памяти А.Е. Ферсмана // Проблемы минерального сырья и редких элементов. Редкие элементы: сырьё и экономика. 1976. № 11. С. 18-20.
39. Войтеховский Ю.Л. Знаменательное событие // Тиетта. 2009. № 3(9). С. 29-32. (Об открытии экспозиции фотографий в городском доме Детского творчества им. А.Е. Ферсмана и передаче ему научно-популярных книг А.Е. Ферсмана.)
40. Войтеховский Ю.Л. Из личной библиотеки А.Е. Ферсмана // Тиетта. 2009. № 4(10). С. 47-48.
41. Войтеховский Ю.Л. Из библиотеки А.Е. Ферсмана // Тиетта. 2009. № 3(9). С. 70-74.
42. Войтеховский Ю.Л. Три рукописи об истории освоения Кольского полуострова // Петрология и минералогия Кольского региона. Тр. V Всерос. с межд. уч. Ферсмановской науч. сессии, посв. 90-летию со дня рожд. д.г.-м.н. Е.К. Козлова. Апатиты, 14-16 апреля 2008. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 17-32. (Две рукописи принадлежат перу А.Е. Ферсмана.)
43. Войтеховский Ю.Л., Шпаченко А.К. Из переписки с Музой Евгеньевной Раменской // Тиетта. 2009. № 1(7). С. 22-28. (Документы об А.Е. Ферсмани, переданные в ГИ КНЦ РАН М.Е.Раменской.)
44. Войткевич Г.В. А.Е. Ферсман и проблемы космохимии // Изв. Северо-Кавказского НЦ высшей школы. Естественные науки. 1983. № 4. С. 61-65.
45. Вольфсон А.Ф. К вопросу о зональности эндогенного оруденения как динамическом и статистическом законе природы // Проблемы минерального сырья и редких элементов. Редкие элементы: сырьё и экономика. 1976. № 11. С. 100-110. (Об А.Е. Ферсмани на С. 100, 110.)
46. Вольфович С.И. Хибинь. 50 лет с момента открытия апатит-нефелиновых руд // Химическая промышленность. 1978. № 4. С. 253-256.
47. Герасимовский В.И. А.Е. Ферсман – основатель минералогии и геохимии щелочных пород // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 141-143.
48. Гинзбург А.И. А.Е. Ферсман – выдающийся минералог и геохимик современности. Разведка и охрана недр. 1984. № 1. С. 6-8.
49. Гинзбург А.И. Развитие идей А.Е. Ферсмана о типоморфизме минералов // Земля и Вселенная. 1977. № 3. С. 49-53.
50. Гинзбург А.И. Развитие идей А.Е. Ферсмана о минералого-геохимических методах поисков // Минералогический журнал. 1983. № 5. С. 72-83.
51. Гинзбург А.И. Современное состояние учения о пегматитах // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 144-161.
52. Глембецкая Т.В. А.Е. Ферсман – основоположник комплексного использования минерального сырья. М. 1983.
53. Гольдшмидт В. (кристаллограф) – А.Е. Ферсману // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 159-163.
54. Гольдшмидт В.М. (геохимик) – А.Е. Ферсману // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 164-173.
55. Горбунов Г.И., Сахаров А.С. Проблемы комплексного использования минерального сырья Кольского полуострова. Гинзбург А.И. Современное состояние учения о пегматитах // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 59-71.
56. Григорян С.В. А.Е. Ферсман – теоретик прикладной геохимии // Геохимия. 1983. № 11. С. 1512-1519.
57. Грицаенко Г.С. Мои встречи с А.Е. Ферсманом. Природа. 1983. № 10. С. 93-97.
58. Груза В.В. Идеи акад. А.Е. Ферсмана в современной минералогии // Записки Всес. минералог. общ. Сер. 2. 1983. Ч. 112. Вып. 5. С. 623-624.
59. Десятое научное чтение памяти акад. А.Е. Ферсмана // Редкие элементы. Сырьё и экономика. Вып. 3. М. 1969. С. 155-159.
60. Десятое Ферсмановское чтение. 11 декабря 1968 г. // Вестник АН СССР. 1969. № 3. С. 138.
61. Дорфман М.Д. Основатель советской геохимии. К 100-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана // Новые данные о минералах. Тр. Минералогического музея АН СССР. 1983. Вып. 31. С. 3-4.
62. Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н. А.Е. Ферсман и современная спелеология // Вестник

Пермского ун-та. 1999. № 3. С. 238-245.

63. Дудкин О.Б. Биография щедрого камня (Хибинские апатиты). Мурманск: Книгоиздат, 1965. 43 с.

64. Дудкин О.Б. Выбор пути и его итоги // Первая Полярная конференция по вопросам комплексного использования Хибинской апатито-нефелиновой породы. Хибиногорск, 9-12 апреля 1932. Апатиты: изд-во КНЦ РАН. (Утверждает решающую роль А.Е. Ферсмана в организации конференции.)

65. Дудкин О.Б. Ирина Дмитриевна Борнеман-Старынкевич (1890 – 1988) // Тигта. 2008. № 2. С. 21-22. (О сотруднице А.Е. Ферсмана по Хибинам.)

66. Дудкин О.Б. Ирина Дмитриевна Борнеман-Старынкевич // Петрология и минералогия Кольского региона. Тр. V Всерос. с межд. уч. Ферсмановской науч. сессии, посв. 90-летию со дня рожд. д.г.-м.н. Е.К. Козлова. Апатиты, 14-16 апреля 2008. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 37. (Упоминание А.Е. Ферсмана и 2 групповые фотографии с ним.)

67. Дусматов В.Д. Вклад А.Е. Ферсмана в систематическую коллекцию Минералогического музея Российской академии наук // Новые данные о минералах. Вып. 38. 2003. С. 135-141.

68. Дусматов В.Д. Годы жизни // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 20-79.

69. Дусматов В.Д. Названо именем Ферсмана // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 227-240.

70. Дусматов В.Д. Родословная рода Ферсмана – Кесслера // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 14-19.

71. Евстифеев В.И. Простой и чуткий // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 269-270.

72. Елисеев Э.Н., Лебедев В.И. О конференции «Методологические и социально-экономические аспекты наук о Земле». К 100-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана // Вестник Ленинградского университета. Сер. Геология и география. 1984. № 24. Вып. 4. С. 118-119.

73. Здорик Т.Б. Памяти А.Е. Ферсмана посвящается // Природа. 1983. № 10. С. 89-92.

74. Здравомыслов В.К. Александр Евгеньевич Ферсман. Библиографический сб. Всес. Книжной палаты. 1940. 90 с.

75. Иванов В.В. Ферсм – региональная генеральная оценка среднего содержания элемента // Редкие элементы. Сырьё и экономика. М. 1983. № 1. С. 112-114.

76. Иванчикова Л.А. Поэт камня. Рекомендательный Указатель литературы о жизни и деятельности А.Е. Ферсмана. М.: Гос. респ. Юношеская библиотека РСФСР. 29 с.

77. Идеи А.Е. Ферсмана в минералогии и геохимии // Записки Всес. минералог. общ. 1983. Сер. 2. Ч. 112. № 5. С. 21-23.

78. Каменев Е.А. «От лопарской вежи до дворца науки» // Первая Полярная конференция по вопросам комплексного использования Хибинской апатито-нефелиновой породы. Хибиногорск, 9-12 апреля 1932. Апатиты: изд-во КНЦ РАН. С. 257-264. (О значении доклада А.Е. Ферсмана на конференции.)

79. Каменев Е.А. Полководец науки (А.Е. Ферсман 1883-1945) // Мир камня. 1995. № 5-6. С. 32-35.

80. Карасик М.А. Образ, овеянный ореолом // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 270-273.

81. Кашкай М.А. С чувством преклонения и благодарности // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 242-244.

82. Киселёв М.А. Александр Евгеньевич Ферсман на Кольском полуострове // Летопись Севера. М.: Мысль, 1972. Т. 6.

83. Классен-Неклюдова Н.В. Воспоминания военного времени // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 274-277.

84. Коган Б.И. А.Е. Ферсман и редкие элементы // Редкие элементы. Сырьё и экономика. М. 1975 № 11. С. 21-32.

85. Коган Б.И. Бесконечно дорогой // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 279-300.

86. Козин Я.Д. Жизнерадостность и доброжелательность // Проблемы минерального сырья и редких элементов. Редкие элементы: сырьё и экономика. 1976. № 11. С. 33-34.

87. Кольцов А.В. А.Е. Ферсман как организатор науки // Вопросы истории естествознания и техники. 1984. № 1. С. 55-62.

88. Комлев Л.В. А.Е. Ферсман и геохимия // Вестник Ленинградского университета. 1964. № 12. С. 17-22.

89. Комлев Л.В. А.Е. Ферсман и геохимия // Редкие элементы. Сырьё и экономика. М. 1975 № 11. С. 35-40.
90. Кондратович И. Как был найден хибинский апатит // Север. 1973. № 8. С. 108-109.
91. Кондратович И. Как был найден хибинский апатит // Север. 1973. № 8. С. 108-109.
92. Кринов Е.Л. Крупнейший советский метеоритолог // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 301-303.
93. Кублицкий. Любовь к камню // Под небом всех широт. Сб. очерков о русских путешественниках. М.: Детгиз, 1961. С. 323-333
94. Куковский Е.Г. Идеи А.Е. Ферсмана о гипергенном минералообразовании // Минералогический журнал. 1983. № 5. С. 35-38.
95. Лазаревич Э.А. Искусство популяризации. М. 1960. 112 с.
96. Лазаревич Э.А. Поэт науки // Природа. 1963. № 11. С. 47-52.
97. Лебедев В.И. Геоэнергетическая теория А.Е. Ферсмана, современное её состояние и методологическое значение // Вестник ЛГУ. 1984. № 12. С. 4-24.
98. Лебедев В.И. К 80-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана // Вестник ЛГУ. Сер. геология и география. 1964. № 12. С. 176-177.
99. Линевский А. Разведчик недр // На рубеже. 1963. № 8. С. 88-91.
100. Линевский А. Романтик Севера // Линевский А. Так было. Повести и рассказы. Петрозаводск. Карелия, 1974.
101. Макарова Е.И. Антонина Михайловна Оранжевеева (1897 – 1960) // Тьетта. 2008. № 2. С. 16-17. (О сотруднице А.Е. Ферсмана по Хибинам.)
102. Макарова Е.И. История Кольского научного центра в документах // Минералогия во всём пространстве сего слова. Тр. II Ферсмановской научной сессии Кольского отделения Всерос. минералог. общ., посв. столетию со дня рожд. В. Рамзая. Апатиты, 18 – 19 апреля 2005. Апатиты: К & М, 2005. С. 18-20. (Данные об А.Е.Ферсмани.)
103. Макарова Е.И. История Кольского севера по архивным документам // Тьетта . 2009. № 4(10). С. 62-63. (Далее следует введение в работу А.М. Оранжевеевой «Работа Академии наук СССР и социалистическое строительство на Кольском полуострове». Там же. С. 63-65.)
104. Макарова Е.И. История Кольской базы АН СССР 30-х гг. по архивным документам // Тьетта. 2009. № 1(7). С. 15-17. (Об А.Е. Ферсмани на С. 15.)
105. Макарова Е.И. От Тьетты к Кольской базе АН СССР. История организации геологического отделения по архивным данным // Тр. III Ферсмановской науч. сессии, посв. 50-летию Кольского отделения РМО. Апатиты, 27-28 апреля 2006. Апатиты: К & М, 2006. С. 27-30. (Об А.Е. Ферсмани на С. 27-28, 30.)
106. Макарова Е.И., Шпаченко А.К. Феи деревянного дворца // Петрология и минералогия Кольского региона. Тр. V Всерос. с межд. уч. Ферсмановской науч. сессии, посв. 90-летию со дня рожд. д.г.-м.н. Е.К. Козлова. Апатиты, 14-16 апреля 2008. Апатиты: К & М, 2008. С. 54-59. (О сотрудницах А.Е. Ферсмана в Хибинах.)
107. Малинко С.В. III Межведомственное совещание по проблеме типоморфизма минералов и минеральных ассоциаций, посв. столетию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. Опалиха Московской обл., 1983 // Записки Всес. минералог. общ. 1983. Сер. 2. Ч. 113, № 4. С.12-14.
108. Мацокина-Воронич Т.М. А.Е. Ферсман и современная металлогения Средней Азии // Записки Узбекского отделения Всес. минералог. общ. 1983. № 36. С. 7-9.
109. Мелентьев Б.Н. Учёный широкого диапазона // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 303-307.
110. Меликсетян В.М., Шириян К.Г., Чибухчян З.Д. XXX научная сессия Армянского отделения Всес. минералог. общ., посв. 100-летию со дня рожд. акад. А.Е. Ферсмана // Известия АН Армянской ССР. Сер. Науки о Земле. 1984. Т. 37. № 3. С. 79-81.
111. Мельников К.П. Разработка методологических основ минералогических исследований в работах В.И. Вернадского и А.Е. Ферсмана // XXVII Межд. геол. конгресс. Москва, 4-14 авг. 1984. Т. 9, 32. М. 1984. С. 446-448.
112. Милованов Г.Н. Учиться творить, как А.Е. Ферсман // Проблемы минерального сырья и редких элементов. Редкие элементы: сырьё и экономика. 1976. № 11. С. 41-42.
113. Мозгова Н.И. Развитие представлений о минеральном виде – фундаментальном таксоне минералогической классификации – от Ферсмана до наших дней // Ферсмановские чтения. Межд. науч. конф., посв. 125-летию со дня рожд. акад. А.Е. Ферсмана. Москва, 10-12 ноября 2008. С. 32-36.
114. Наумов Г.Б. А.Е. Ферсман. К 100-летию со дня рожд. // Геохимия. 1983. № 11. С. 1507-1511.

115. Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. Страницы биографии. Переписка. Названо именем Ферсмана. М.: Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана. 2003. 248 с.
116. Николаев А.В. Светлый образ // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 244-246.
117. О конкурсе на премию им. А.Е. Ферсмана. Положение о премии им. А.Е. Ферсмана // Петрология и минералогия Кольского региона. Тр. V Всерос. с межд. уч. Ферсмановской науч. сессии, посв. 90-летию со дня рожд. д.г.-м.н. Е.К. Козлова. Апатиты, 14-16 апреля 2008. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 83-84.
118. Овчинников Л.Н. А.Е. Ферсман – создатель прикладной геохимии // Редкие элементы. Сырьё и экономика. М. 1983. № 17. С. 5-8.
119. Описание фондов учёных. Тр. Архива АН СССР. Вып. 16. Л.: Наука, 1977.
120. Оранжева А.М. Работа Академии наук и социалистическое строительство на Кольском полуострове. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008.
121. Отклики на научно-популярные книги А.Е. Ферсмана и прочая переписка // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 220-226.
122. Павлишин В.И. А.Е. Ферсман и его учение о типоморфизме минералов // Ферсмановские чтения. Межд. науч. конф., посв. 125-летию со дня рожд. акад. А.Е. Ферсмана. Москва, 10-12 ноября 2008. С. 40-43.
123. Павлишин В.И. А.Е. Ферсман и учение о типоморфизме минералов // Минералогический журнал. 1983. № 5. С. 52-61.
124. Павлишин В.И. Развитие на Украине учения А.Е. Ферсмана о пегматитах (к 90-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана) // Геологический журнал. 1973. Т. 33. № 5. С. 3-9.
125. Павлишин В.И., Полканов Ю.А. Заседание Украинского минералогического общества и его Крымского отделения, посв. 90-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана // Записки Всес. минералог. общ. 1983. Сер. 2. Ч. 103, № 3. С. 399.
126. Павлова Т.Н. Ферсман в минералогическом музее Российской академии наук // Новые данные о минералах. Вып. 38. 2003. С. 129-134.
127. Пация Е.Я., Разумова И.В. Genius loci (А.Е. Ферсман) – культурный герой // Проблемы социокультурной адаптации жителей Кольского полуострова. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2006. С. 60, 69, 151.
128. Перельман А.И. Александр Евгеньевич Ферсман (1883-1945). Изд. 2-е, переработ. и доп. М.: Наука, 1983. 272 с.
129. Перельман А.И. Александр Евгеньевич Ферсман (1883-1945). М.: Наука, 1968. 295 с.
130. Перельман А.И. Геохимия техногенеза // Проблемы минерального сырья. М.: Наука, 1975. С. 199-208. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 219-292.
131. Перельман А.И. Пути развития геохимических исследований // Развитие минералогии и геохимии их связь с учением о полезных ископаемых. М. 1983. С. 104-120.
132. Перельман А.И., Рехарский В.И. Геологическое обеспечение фронтов Великой Отечественной войны // Очерки по истории геологических знаний. 1990. Вып. 28. С. 112-118.
133. Перельман А.И., Рехарский В.И. Выдающийся советский геохимик. К 100-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана // Вестник АН СССР. 1983. № 8. С. 109-117.
134. Петров В.П. Об истории состояния изучения неметаллического сырья // Развитие минералогии и геохимии их связь с учением о полезных ископаемых. М. 1983. С. 215-216.
135. Петров В.П. Роль А.Е. Ферсмана в развитии учения о неметаллических полезных ископаемых // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 209-219.
136. Петров В.П. Учение о неметаллических полезных ископаемых в Академии наук СССР // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1974. № 5. С. 95-99. (Подчёркивается роль А.Е. Ферсмана в постановке вопроса и открытии апатитовых месторождений.)
137. Петровская Н.В. Мои беседы с Ферсманом // Проблемы минерального сырья. М.: Наука, 1975. С. 308-309.
138. Петровская Н.В., Чухров Ф.В. К 100-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1983. № 10. С. 132-134.
139. Петровская Н.В., Чухров Ф.В. Развитие идей А.Е. Ферсмана о типоморфизме минералов и минеральных ассоциаций // Типоморфизм минералов и минеральных ассоциаций. М. 1986. С. 5-13.
140. Петрушевский Б.А. Каким я помню Александра Евгеньевича Ферсмана // Земля и Вселенная. 1977. № 3. С. 54-58.
141. Пирогов Б.И. Развитие идей А.Е. Ферсмана в прикладной минералогии XXI столетия // Ферсмановские чтения. Межд. науч. конф., посв. 125-летию со дня рожд. акад. А.Е. Ферсмана.

Москва, 10-12 ноября 2008. С. 50-52.

142. Письма А.Е. Ферсману времён Отечественной войны // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 216-219.

143. Платонов А.Н. Учение А.Е. Ферсмана о цветах минералов // Минералогический журнал. 1983. № 5. С. 39-51.

144. Поваренных А.С. А.Е. Ферсман. К 100-летию со дня рожд. // Минералогический журнал. 1983. № 5. С. 3-14.

145. Поваренных А.С. Мудрый наставник // Проблемы минерального сырья. М.: Наука, 1975. С. 246-249.

146. Поваренных М.Ю., Жабин А.Г. Закон кристаллографической индукции А.Е. Ферсмана при текстурно-структурном анализе горных пород // Ферсмановские чтения. Межд. науч. конф., посв. 125-летию со дня рожд. акад. А.Е. Ферсмана. Москва, 10-12 ноября 2008. С. 52-55.

147. Поваренных О.С., Карасік М.Л. Розвиток ідей О.Е. Ферсманана України (до 90-річчя з дня народження). Геологічний журнал. 1973. Т. 33. № 6. С. 3-6.

148. Попов В.А. Закон кристаллографической индукции А.Е. Ферсмана – один из фундаментальных законов минералогии // Ферсмановские чтения. Межд. науч. конф., посв. 125-летию со дня рожд. акад. А.Е. Ферсмана. Москва, 10-12 ноября 2008. С. 55-57.

149. Попов В.И. Александр Евгеньевич Ферсман – академик, новатор, воспитатель, гуманист. Записки Узбекского отделения Всес. минералог. общ. 1975. Вып. 28. С. 5-7.

150. Предисловие редактора // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 8-10.

151. Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. 343 с.

152. Пробст А.Е. Академик А.Е. Ферсман – учёный и человек. К 90-летию со дня рожд. // Вестник АН СССР. 1973. № 11. С. 106-110.

153. Пробст А.Е. А.Е. Ферсман как экономист и гуманист // Редкие элементы. Сырьё и экономика. М. 1975 № 11. С. 43-50.

154. Пробст А.Е. Академик А.Е. Ферсман – учёный и человек // Вестник АН СССР. 1973. № 11. С. 106-110.

155. Профессор Г.П. Барсанов и минералого-геохимическая школа В.И. Вернадского и А.Е. Ферсмана // Новые данные о минералах. 2007. № 42. С. 154-156.

156. Пэк А.В. А.Е. Ферсман в Тырныаузе // Проблемы минерального сырья. М.: Наука, 1975. С. 310-312.

157. Равикович А.И., Тихомиров В.В. История и методология науки в трудах А.Е. Ферсмана // Редкие элементы. Сырьё и экономика. М. 1975 № 11. С. 51-61.

158. Радкевич Е.А. Особенности структурного положения и металлогении Монголо-Охотского пояса // Проблемы минерального сырья. М.: Наука, 1975. С. 110-115. (Упоминание А.Е. Ферсмана на С. 110, 112, 115.)

159. Развитие минералогии, геохимии и учения о полезных ископаемых. К 100-летию со дня рожд. акад. А.Е. Ферсмана. М.: Наука. 1983. 253 с.

160. Разгон Л.Э. Зримое знание: о книгах К.А. Тимирязева и А.Е. Ферсмана. М.: Книга, 1983. 253 с.

161. Раскин Н.М., Шафрановский И.И. История естествознания в творчестве А.Е. Ферсмана // Вопросы истории естествознания и техники. 1984. № 1. С. 49-54.

162. Римская-Корсакова О.М., Иванов А.С. А.Е. Ферсман на конференции по геохимии основных магм в Ильменском минералогическом заповеднике в 1934 г. // Материалы к топоминералогии Урала. 1986. С. 136-138.

163. Римская-Корсакова О.М., Лебедев В.И. Памяти акад. А.Е. Ферсмана // Вестник Ленинградского университета. 1974. № 8. С. 144-146.

164. Родионов Г.Г. Развитие представлений А.Е. Ферсмана о типоморфизме минералов пегматитов // Типоморфизм минералов и минеральных ассоциаций. М. 1986. С. 14-21.

165. Сажин Н.П. К 85-летию со дня рожд. акад. А.Е. Ферсмана. IX научное чтение им. акад. А.Е. Ферсмана // Редкие элементы. Вып. 3. 1969. С. 155-159.

166. Сапронова З.Д. О научной сессии Украинского минералогического общества, посв. 100-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана // Записки Всес. минералог. общ. 1984. Сер. 2. Ч. 113, № 4. С. 515.

167. Сауков А.А. А.Е. Ферсман и проблемы полезных ископаемых // Геология рудных месторождений. 1963. Т. 5. № 6. С. 19-20.

168. Сауков А.А. Геоэнергетическая теория А.Е. Ферсмана // Сауков А.А. Геохимические очерки. М.: Наука, 1976. С. 65-73.

169. Сауков А.А. Незабываемые годы... А.Е. Ферсман // Природа. 1966. № 1. С. 81-91.

170. Сауков А.А. Обаяние научного энтузиазма // Природа. 1963. № 11. С. 55-57.
171. Семёнов В.Е. Об одной русской ветви Ферсманов // Тигетта. 2009. № 3(9). С. 62-66.
172. Семёнов Е.И. Бог минералогии // Редкие элементы. Сырьё и экономика. М. 1983. № 17. С. 62-63.
173. Сидоренко А.В. Исследования А.Е. Ферсмана в Туркмении и их значение // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 249-261.
174. Смирнов В.И. Об А.Е. Ферсмани // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 39-43.
175. Соколова Е.Н. Минералогический музей Академии наук в период Великой Отечественной войны // Новые данные о минералах. 2006. № 41. С. 119-127.
176. Соколова Е.Н. Минералогический музей Академии наук в период войны 1941-45 годов // III Межд. симпозиум «Минеральное разнообразие: исследование и сохранение». София, 7-10 окт. 2005. София: Земята и хората, 2007. С. 129-138.
177. Соловьёв Ю.Я., Тихомиров В.В. К 100-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана // Советская геология. 1983. № 12. С. 116-118.
178. Социология науки в свете идей В.И. Вернадского и А.Е. Ферсмана // Проблемы истории геологических наук. М.: Наука, 1968. С. 125-133.
179. Степанов И. Благожелательность // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 312-317.
180. Тагеева Н.В. А.Е. Ферсман в двадцатые-тридцатые годы в Ленинграде // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 317-321.
181. Урусов В.С. А.Е. Ферсман и энергетическая кристаллохимия минералов // Минералогический журнал. 1983. № 5. С. 15-20.
182. Урусов В.С. Основные этапы развития и взаимодействия идей геохимии и кристаллохимии. Вопросы истории естествознания и техники. 1984. № 1. С. 63-70.
183. Урусов В.С. Почему их только две тысячи? // Природа. 1983. № 10. С. 82-88.
184. Урусов В.С. Современные пути развития геоэнергетической теории А.Е. Ферсмана // Развитие минералогии и геохимии их связь с учением о полезных ископаемых. М.: 1983. С. 20-34.
185. Успенская Н.В. Пятнадцать писем о «Природе». С. 5-13. (Письма Н.К. Кольцова А.Е. Ферсману.)
186. Успенская Н.В. Ферсман и «Природа» // Природа. 2008. С. 93.
187. Фёдоров В.А. Талант предвидения и претворения в творчестве А.Е. Ферсмана // Редкие элементы. Сырьё и экономика. М. 1976 № 11. С. 62-67.
188. Ферсмановское чтение XVI // Вестник РАН. 1977. № 5. С. 116-118.
189. Фивег М.П. А.Е. Ферсман в начале освоения Хибин // Редкие элементы. Сырьё и экономика. Вып. 2. Проблемы минерального сырья и редких элементов. 1976. С. 58-71.
190. Фивег М.П. А.Е. Ферсман в начале освоения Хибин. 1928 и 1929 гг. // Редкие элементы. Сырьё и экономика. Вып. 2. Проблемы минерального сырья и редких элементов. М.: 1976. С. 68-71.
191. Фивег М.П. А.Е. Ферсман и начало освоения Хибин // Редкие элементы. Сырьё и экономика. М. 1975 № 11. С. 68-71.
192. Финн Э. Певец камня // В мире книг. 1973. № 6. С. 70-72.
193. Финн Э.А. Ферсман и Горький // Природа. 1963. № 11. С. 53-55.
194. Флоровская В.Н. Кольские встречи // Тигетта. 2009. № 3(9). С. 62-69.
195. Чухров Ф.В. А.Е. Ферсман – руководитель Комиссии по геолого-географическому обслуживанию Красной Армии // Развитие минералогии и геохимии их связь с учением о полезных ископаемых. М. 1983. С. 280-281.
196. Чухров Ф.В., Петровская Н.В. Развитие идей А.Е. Ферсмана в современной минералогии и геохимии // Развитие минералогии и геохимии их связь с учением о полезных ископаемых. М. 1983. С. 5-19.
197. Шафрановский И.И. А.Е. Ферсман – предшественник современной минералогической кристаллографии // Минералогический журнал. 1983. № 5. С. 52-61.
198. Шафрановский И.И. Два отзыва Александра Евгеньевича Ферсмана // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 321-324.
199. Шафрановский И.И., Роскин Н.М. А.Е. Ферсман – историк естествознания // Редкие элементы. Сырьё и экономика. М. 1975. № 11. С. 72-79.
200. Шмакенов И.В. Роль акад. А.Е. Ферсмана в организации и развитии ВИМСа // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 325-332.
201. Шпаченко А.К. Нордическая фаза П.Н. Чирвинского // Минералогия во всём пространстве сего слова. Тр. II Ферсмановской науч. сессии Кольского отделения Всероссийского мине-

ралогического общества, посв. столетию со дня рожд. В. Рамзая. Апатиты, 18 – 19 апреля 2005. Апатиты: изд-во К & М, 2005. С. 18-20. (Об А.Е. Ферсмана С. 29.)

202. Шпаченко А.К. Они были первыми (о составе первых хибинских экспедиций А.Е. Ферсмана) // V Всерос. с межд. уч. Ферсмановская науч. сессия, посв. 90-летию со дня рожд. д.г.-м.н. Е.К. Козлова. Апатиты, 14-15 апреля 2008. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 37-38.

203. Шпаченко А.К. Они были первыми (о составе 0-й хибинской экспедиции А.Е. Ферсмана) // Тиетта. 2008. № 2. С. 11-16.

204. Шпаченко А.К. Они были первыми (о составе первых хибинских экспедиций А.Е. Ферсмана) // Петрология и минералогия Кольского региона. Тр. V Всерос. с межд. уч. Ферсмановской науч. сессии, посв. 90-летию со дня рожд. д.г.-м.н. Е.К. Козлова. Апатиты, 14-16 апреля 2008. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 76-81.

205. Шпаченко А.К. Елена Павловна Кесслер – одна из помощниц А.Е. Ферсмана в хибинских- экспедициях // Тиетта. 2008. № 2. С. 19-20.

206. Шпаченко А.К. Мария Ивановна Волкова. От химика-аналитика до заведующего химической лабораторией Кольского филиала АН СССР // Тиетта. 2008. № 2. С. 17-18. (О сотруднице А.Е. Ферсмана по Хибинам.)

207. Шубникова О.М. Громадное наследие А.Е. Ферсмана. Фёдоров В.А. Талант предвидения и претворения в творчестве А.Е. Ферсмана // Редкие элементы. Сырьё и экономика. М. 1976. № 11. С. 67-71.

208. Щербаков Д.И. Неутомимый исследователь недр // Природа. 1963. № 11. С. 45-46.

209. Щербина В. Воспоминания о Ферсмана // Наука и жизнь. 1966. № 8. С. 14-20.

210. Щербина В. Интересы А.Е. Ферсмана в области космохимии и планетарной геологии // Земля и Вселенная. 1977. № 3. С. 45-48.

211. Щербина В. К 80-летию со дня рожд. акад. А.Е. Ферсмана // Геохимия. 1963. № 12. С. 1157-1158.

212. Щербина В. К 90-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана // Геохимия. 1974. № 1. С. 4-5.

213. Щербина В.В. Учёный-романтик и практик-организатор // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 332-335.

214. Щукарев С.А. Поэт, труженик, борец и мыслитель // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 335-338.

215. Эйхфельд И.Г. За камнем плодородия // Хибинские клады. Воспоминания ветеранов освоения Севера. Л.: Лениздат, 1972. С. 13-41.

216. Эрлер К. Ферсман в Берлине // Научные связи Германии и России по изучению Ильменских гор. Миасс. 2002. С. 84-86.

217. Юрк Ю.Ю. Встречи с А.Е. Ферсманом // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 338-340.

218. Юсупова К.Я. Публицистическое творчество А.Е. Ферсмана // Записки Узбекстанского отделения Всес. минералог. общ. 1983. № 36. С. 9-11.

219. Юшкин Н.П. Топоминералогические исследования А.Е. Ферсмана и создание основ научной топоминералогии // Минералогический журнал. 1983. № 5. С. 27-34.

220. Юшкин Н.П. Экспедиция А.Е. Ферсмана в Коми АССР – важнейшая веха в развитии минералогических исследований на Европейском севере // Тр. Ин-та геологии АН СССР Коми филиала. 1984. Вып. 45. С. 3-9.

221. Яковлев В.П. Социологические науки в свете идей В.И. Вернадского и А.Е. Ферсмана о геохимической роли человека // Проблемы истории геологических наук. М. 1958. С. 125-133.

222. Яншин А.Л. А.Е. Ферсман. К 100-летию со дня рожд. // Природа. 1983. № 10. С. 76-77.

223. Яншин А.Л. На службе обороны // Природа. 1983. № 10. С. 98-99.

224. Aleksandr Evgen'evič Fersman (1883 – 1945) Zum 100 Geburtstag des Klaasikers der Geochemie // Fundruble. 1983. Bd. 19. N 4. S 98-101.

225. Aleksandr Evgen'evič Fersman in Berlin // Z. Geol. Wiss. 1985. Bd. 13. N 6. S 751-757.

226. Fersman A.E. // Lessicones naturale. In URSS deputs 25 ans. Paris. 3ed. France – URSS. 1944. 41 p.

227. Hammer G. Aleksandr Evgen'evič Fersman als Mineraloge // Z. Geol. Wiss. 1985. Bd.13. N 6. S 741-750.

228. Lebedev W.I. Die geoenergetische Theorie A.E. Fersmans und ihre Entwicklung in einem Viereliahrhundert // Freiburger Forschunsgsch. 1960. N 79. S 172-189.

## II. Труды А.Е. Ферсмана

1949

1. Fersman A.E. Verständliche Mineralogie. Berlin. Neues Leben 1949. 287 s.; 2 ed. 1953. 375 s.
2. Mineralogia distractive. Bukuresti: Etude de start. 1949. 302 p.

1951

3. Fersman A.E. Moje pordize. Warszawa: Książka i wiedza. 1951.

1958

4. Fersman A.E. Geochemica recreativa. Tr. From Russ. M. ed. En lenguas extranjerer. 1958. 517 p.; 2 ed. M.: Mir, 1966. 481 p.; 3 ed. 1973.
5. La Geochemie récréative. Tr. from Russ. M.: Foreign language publ. house, 1958. 517 p.; 2 ed. 1966.
6. Geochemistry for everyone. Tr. from Russ. M.: Foreign language publ. house, 1958. 454 p.

1968

7. Ферсман А.Е. Наш апатит. М.: Наука, 1968. 136 с.

1969

8. Воспоминания о камне. 3-е изд., доп. М.: Наука, 1969. 138 с.

1970

9. Ферсман А.Е. Занимательная геохимия. София. 1970. 376 с.

1975

10. Ферсман А.Е. В.И. Ленин и изучение производительных сил СССР // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 3-6.
11. Комплексное использование минерального сырья // Проблемы минерального сырья. Памяти А.Е. Ферсмана. М.: Наука, 1975. С. 14-22.
12. Проблема редких элементов (выдержки из статьи, напечатанной в сб. «Материалы по химизации народного хозяйства СССР». 1929. Вып. 4. С. 95-103). Редкие металлы. Сырьё и экономика. М. № 11. 1976. С. 5-8.

1977

13. Ферсман А.Е. Очерки по минералогии и геохимии. М.: Наука, 1977. 192 с.

1978

14. Ферсман А.Е. Как давались названия химическим элементам // Природа. 1978. № 2. С. 106-109.

1983

15. Ферсман А.Е. За цветными камнями // Природа. 1983. № 10. С. 77-82. (Заключительная часть статьи, опубликованной в сентябрьском номере «Природы» за 1912 г.)

1996

16. Ферсман А.Е. Воспоминания о камне. М. 1996. 167 с.

2003

17. Ферсман А.Е. Переписка по поводу научно-организационной и общественной деятельности // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 198-215.
18. Переписка с коллегами // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 183-197.
19. Ферсман А.Е. – сотрудникам Хибинской экспедиции // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 181-182.
20. Ферсман А.Е. – Щербакову Д.И. // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 152-158.
21. Ферсман А.Е. История минералогического отделения Геологического музея Академии наук за период 1889-1914 // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 80-85.
22. Ферсман А.Е. Краткая автобиография акад. Александра Евгеньевича Ферсмана // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 11-13.
23. Ферсман А.Е. Переписка с зарубежными учёными // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 174-180.
24. Ферсман А.Е. Письма В.И. Вернадскому // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 98-148.
25. Ферсман А.Е. Письма домашним // Неизвестный Ферсман. К 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана. М. 2003. С. 87-88.

## 2007

26. Редкая находка на Урале // Природные старости. Природа 2007. № 1. С. 89.  
 27. Новый способ отличия драгоценных камней. Из деятельности Академии наук // Природные старости. Природа. 2007. № 1. С. 90.

## 2008

28. А.Е. Ферсман. Новые промышленные проблемы Кольского полуострова // Войтеховский Ю.Л. Три рукописи об истории освоения Кольского полуострова / Петрология и минералогия Кольского региона. Тр. V Всерос. с межд. уч. Ферсмановской науч. сессии, посв. 90-летию со дня рожд. д.г.-м.н. Е.К. Козлова. Апатиты, 14-16 апреля 2008. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 22-26.  
 29. Записка А.Е. Ферсмана по вопросу о хибинском апатите // Войтеховский Ю.Л. Три рукописи об истории освоения Кольского полуострова. / Петрология и минералогия Кольского региона. Тр. V Всерос. с межд. уч. Ферсмановской науч. сессии, посв. 90-летию со дня рожд. д.г.-м.н. Е.К. Козлова. Апатиты, 14-16 апреля 2008. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 17-21.

## 2009

30. Ферсман А.Е. Выступления на Первой полярной конференции // Первая Полярная конференция по вопросам комплексного использования Хибинской апатито-нефелиновой породы. Хибиногорск, 9-12 апреля 1932. Апатиты: изд-во КНЦ РАН. — Вступительное слово на открытии конференции. С. 18. — Доклад после перерыва. С. 53-57. — Сообщение о планах работы на следующий день. С. 72. — Председательские выступления на вечернем заседании: С. 88, С. 89-90, С. 93-95. — Выступления 10 апреля на Горной станции АН. С. 120-124, 127. — Доклад на утреннем заседании 11 апреля. С. 174-186. — Выступление 12 апреля с подведением итогов. С. 243-245.  
 31. Ферсман А.Е. Доклад на Первой Полярной конференции по вопросам комплексного использования апатит-нефелиновой породы // Первая Полярная конференция по вопросам комплексного использования Хибинской апатито-нефелиновой породы. Хибиногорск, 9-12 апреля 1932. Апатиты: изд-во КНЦ РАН. С. 174-186.

### Обстоятельства и причины лавинной катастрофы 1935 г. в Хибинах <sup>1</sup>

Ржевский Б.Н.  
 Кировск

### Circumstances and causes of the avalanche calamity of 1935 in the Khibiny

Rzhevsky B.N.

*На основе первичных документов, в основном из архива технической библиотеки ОАО «Апатит», проведён анализ географических условий формирования снежных лавин 5 декабря 1935 г. Показано, что кроме жертв лавины из лавинного очага № 22 погибли люди при сходе лавин из лавинного очага № 23 в ущелье Гакмана. Приведён наиболее обоснованный объём массы лавинного снега, уточнён характер разрушений. Впервые публикуются расчётные данные по скорости движения и силе удара лавин. Перечислены меры по предотвращению дальнейших катастроф.*

*On the basis of the original documents, mostly from the archive of the «Apatit» JSC technical library, analysis of geographical conditions that predetermined snow avalanche of 5 December, 1935 was carried out. It is stated that besides suffers of avalanche site 22, some people died of avalanche site 23 and avalanche in the Hackmann Valley. Presented is the most grounded volume of the avalanche snow mass. The scope and character of the destructions are verified. Data on the rate of the avalanche movement and its impact value are first published. Enumerated are unprecedented measures on preventing such catastrophes.*

Интенсивные исследования лавин в СССР начались после крупной катастрофы в Хибинах. Это событие нашло отражение в десятках информационных, документальных и художественных публикаций. Но до сих пор нет объективного анализа первичных документов, отчасти из-за того,

<sup>1</sup> Доклад на областной конференции, посвящённой 75-летию Кировского историко-краеведческого музея, г. Кировск, 22-23 апреля 2010 г.

что они хранятся в разных архивах и не всегда доступны. Это сформировало ошибочные представления о трагических событиях, отдельные аспекты которых оказались вообще не освещёнными.

Наиболее полные сведения содержатся в архиве технической библиотеки ОАО «Апатит» в папке «Материалы, переданные правительственной комиссии» под грифом ГР СН/49 1327, инв. № 50-1955. Это протокол работы комиссии треста «Апатит», данные об обвалах 5 декабря 1935 г., письмо в Главхимпром, стенограмма заседания комиссии по снегоборьбе, расчёт скорости движения и силы удара лавин, 6 распоряжений по тресту «Апатит» за подписью управляющего трестом В.И. Кондрикова, докладная записка о снежном обвале в Народный комиссариат тяжёлой промышленности, правительственную комиссию и Ленинградский обком ВКП(б) за подписью В.И. Кондрикова, графические и топографические материалы по разрушениям от лавин 5 декабря 1935 г.

В Кировском филиале Государственного архива Мурманской обл. хранятся списки погибших 5 декабря с заключениями судмедэкспертизы. Некоторые материалы, в т.ч. стенографический отчёт о Первой заполярной конференции по снегоборьбе (12-15 января 1936 г.), находятся в архиве Центра лавинной безопасности ОАО «Апатит». Полностью отсутствуют фотографии, которые, по-видимому, исчезли в недрах НКВД<sup>2</sup>. Во всех материалах основное внимание уделяется самой крупной и разрушительной четвёртой лавине, сошедшей в этот день. Крайне мало сведений о первой лавине и лавине на Ловчорритовом руднике в ущелье Гакмана (табл. 1).

Таблица 1. Хроника схода лавин 5 декабря 1935 г.

№ лавины	Время схода	Место схода	Объём, тыс. м <sup>3</sup>
1	3 <sup>30</sup>	СЗ склон г. Юкспор; 28/29 км Нефелиновой ветки; лавинный очаг № 23 (по современной нумерации)	49.0
2	4 <sup>50</sup>	ЮЗ склон г. Юкспор; третья выемка железнодорожной Нефелиновой ветки; лавинный очаг № 17	~ 0.5
3	4 <sup>50</sup>	ЮЗ склон г. Юкспор; четвёртая выемка Нефелиновой железнодорожной ветки; лавинный очаг № 16	0.7
4	5 <sup>25</sup>	СЗ склон г. Юкспор; первая выемка Нефелиновой железнодорожной ветки; лавинный очаг № 22	86.0
5	13 <sup>30</sup>	Зап. склон г. Айкуайвенчорр; 17/18 км железнодорожной ветки Апатиты – Кировск	1.5
6	13 <sup>30</sup>	Там же	~ 0.5
7	15 <sup>30</sup>	СЗ склон г. Юкспор в ущелье Гакмана на Ловчорритовом руднике	~ 2.0

Время падения лавин приведено по данным специальной снегозащитной метеорологической станции (ССМС) Кировской железной дороги, которая работала в Кировске с 1933 г. По другим источникам, время схода лавин 1 и 4 колеблется в пределах 3<sup>45</sup>-4<sup>30</sup> и 5<sup>25</sup>-6<sup>00</sup>, причины колебаний неизвестны. Не исключено, что работники ССМС пользовались среднесолнечным временем, а все остальные – декретным, введённым в 1930 г. и опережавшим среднесолнечное на 1 час.

Одним из первых вопросов, поставленных правительственной комиссией, было количество снега лавин 1 и 4. По оценке члена комиссии В.М. Шестакова, суммарный объём двух лавин составил 500 тыс. м<sup>3</sup>. Г.С. Пронченко называл цифру 1.5 млн. м<sup>3</sup>, топограф К.А. Толоконников – 290 тыс. м<sup>3</sup>, работники ССМС Мальцев и Б.Ф. Матушевский сократили его до 247 тыс. м<sup>3</sup> [5]. Чтобы получить максимально точные данные, маркшейдерское бюро рудника им. С.М. Кирова произвело теодолитную съёмку отложений и промеры толщины проходкой шурфов. Было пройдено 13 шурфов по первой и 14 по четвёртой лавине, установлена толщина снега 0.5- 5.0 м, а в р-не разрушенных домов – до 9 м. Определённый объём лавин – 49 тыс. м<sup>3</sup> и 86 тыс. м<sup>3</sup>, причём весь снег до земли оказался лавинным. Мальцев и Матушевский вычли из общего количества снег, залежавший на пути движения лавин, и получили 33 тыс. м<sup>3</sup> по первой лавине, 57 тыс. м<sup>3</sup> – по четвёртой, тем самым сильно занижив показатели.

Определение объёмов лавин показало, насколько ошибочны визуальные оценки, не подкреплённые точными измерениями. Столь масштабные работы по шурфованию лавин были

<sup>2</sup> Несколько фотографий погибших имеются в заключениях судмедэкспертизы. – Р.Б.



Характер движения лавины в месте разрушения домов 5 декабря 1935 г.

единственными за всё время их изучения в Хибинах. Методика и результаты работ доложены начальником маркшейдерского бюро рудника Н.А. Толокновым на конференции 12-15 января 1936 г.

Лавина 1 засыпала железную дорогу полутораметровым слоем снега, опрокинула паровоз, который вёз с рудника гружёный состав, сломала несколько крупных деревьев и разрушила односемейный барак в посёлке. Двухэтажные деревянные дома 24 и 26 по ул. Комсомольской были завалены четырёхметровой толщиной снега, который выбил окна, проник внутрь и сломал межкомнатные перегородки.

По данным маркшейдера С.П. Колбенкова, лавина 4, не дойдя 100 м до посёлка, разделилась на два потока. Основной ударил по дому 28, разрушил его, бросив обломки на дом 25, у которого деформировал переднюю стену. Второй поток разрушил дом 30. Частичные разрушения испытали дома 23 и 32, краем задеты лавинами. Были снесены снегозадерживающие щиты выше железной дороги, семафор, два столба высоковольтной ЛЭП, столбы телефонной и телеграфной линий, не менее 10 вспомогательных хозяйственных построек (рис.). На рельсах обнаружены следы ударов каменных обломков, содержащихся в лавинном снегу. Лавина пронесла их за ул. Комсомольскую, перегородив р. Лопарскую.

Инженеры-строители треста «Апатит» Голиков, Слотий и Порошин произвели приближенный расчёт силы и скорости лавин в момент удара по паровозу и домам. Для опрокидывания паровоза потребовалось давление  $1 \text{ т/м}^2$  при скорости 5 м/с. Расчётная скорость составила 25 м/с. Через 40 лет в этом же месте скорость лавины, измеренная точными приборами, составила около 25 м/с [4] (рис.). Чтобы снести двухэтажный деревянный дом потребовалось давление  $4 \text{ т/м}^2$ . Учитывая, что при расчётах не рассматривалась динамичность нагрузки и плотность ударяемой массы, результаты можно считать удовлетворительными.

Лавины 2 и 3 завалили железную дорогу на 90 и 50 м, выбросив на неё массу обломков горных пород размером до 1 м. Они настолько повредили рельсы, что паровоз, спешивший на помощь, сошёл с пути. Лавины 5 и 6 до железной дороги не дошли.

Лавина 7, самая поздняя в этот день, сошла на Ловчорритовом руднике со склона г. Малый Юкспор – левого борта ущелья Гакмана. Её объём составил  $\sim 2 \text{ тыс. м}^3$ , но этого хватило, чтобы разрушить склад взрывчатых материалов, находившийся в щитовом деревянном доме площадью  $30 \text{ м}^2$ . Как отмечал директор рудника П.Ф. Семеров в докладе на конференции 12-15 января 1936 г., снег в лавине был настолько рыхлым, что спасатели буквально плавали в нём. Извлечённый из снежного завала сторож склада И.А. Архипов скончался через 1 час. Само здание было разбито в щепки, но крышу нашли целой в 30 м по траектории движения лавины. В этом случае имела место воздушная волна, возникающая при быстром движении лавины. Признаки воздушной волны зафиксированы и у лавины 4. «Когда руководители рудника т.т. Усевич, Ивлев, Серов бежали в посёлок от опрокинутого паровоза, чтобы предупредить население о несчастье, вихрь лавины сбросил их у подножья горы, летя смерчем на посёлок. Если бы минутой раньше трону-

лись они от первой катастрофы, вторая лавина заживо бы похоронила их» [Быстров П. Беспримерный героизм // Кировский рабочий].

Таблица 2. Сведения о жертвах лавин 1, 4 и 7.

№ лавины	Погибло, чел.	Травмировано, чел.	Источник информации	Примечания
1	1	2	Каталог снежно-метеорологической службы	Других данных нет
4	85 + 3 скончались в больнице	4 тяжело ранены, 44 ранены, трое скончались	«Кировский рабочий» 8 дек. 1935 г.	
4	85 + 3 скончались в больнице	43 тяжело ранены, 41 легко ранены	«Кировский рабочий» 15 дек. 1935 г.	В двух разрушенных домах проживало 249 чел.
4	88	-	Мальцев, Матушевский «Описание лавин 05.12.35»	Из 239 чел.
4	88	42 ранены	Каталог снежно-метеорологической службы	
4	> 100 чел.	-	А.Е. Ферсман. «Воспоминания о камне». М.: Наука, 1969.	
4	86 + 3 скончались в больнице	43 тяжело ранены, 41 легко ранены	Докладная записка председателя Кировского горсовета в правительственную комиссию... [Кировск в документах, 2006]	
7	1	-	П.Ф. Семеров. Доклад на конференции 12-15 января 1936 г. Акт о гибели сторожа динамитного склада.	Единственная жертва, по факту гибели которой составлен акт.

«Падение лавины сопровождалось довольно сильным ветром, который отбросил нескольких людей на расстояние больше 10 м» [Доклад В.И. Годовикова на конференции 12-15 янв. 1936 г.]. «Сильный и ледяной порыв ветра отбросил их в сторону» [Поляков А. Спокойствие и выдержка // Кировский рабочий. 14 дек. 1936 г.]. В то время на опасность воздушной волны не обратили внимания, но именно она повлекла многочисленные жертвы и разрушения 16 февраля 1938 г. Потрясение от разрушений лавины 4 было настолько сильным, что почти во всех документах, включая списки погибших, значится, что люди погибли при разрушении домов 28 и 30. В действительности в эти списки включены и погибшие от лавин 1 и 7. Число свыше 100 жертв, о котором говорит акад. А.Е. Ферсман, не обосновано. Количество травмированных документально не зафиксировано (табл. 2).

Комиссия треста «Апатит», в которую вошли директор рудника И.В. Усевич (председатель), зав. капитальным строительством В.И. Упатчев и приглашённые из Ленинградского горного института проф. Д.И. Мушкетов и проф. Н.И. Трушков, выявила следующие причины катастрофы: наличие на склонах гор цирков, в которых накапливался снег; экспозиция склонов на подветренной стороне; шум от поездов и взрывов на руднике.

О метеорологической обстановке подробно сообщили метеорологи ССМС Мальцев и Матушевский. Температура воздуха в предшествующий сходу лавин период держалась в пределах -6-10 °С, ЮВ ветер достигал 20-23 м/с, шёл обильный снег. Такие метеоусловия благоприятны для образования лавин.

Несмотря на то, что с первого года апатитовых разработок от лавин несли потери геологоразведчики, горняки, железнодорожники, руководящие работники не принимали всерьёз лавинную опасность. Известный специалист в области снеговедения проф. П.Н. Чирвинский в газетных публикациях прямо указывал на опасность, грозящую с г. Юкспор [3]. С 1933 г. её склоны обследовались работниками ССМС, которые зафиксировали на них 26 лавин, в т.ч. сошедшую 7 мая 1934 г. и остановившуюся в 50 м от домов, снесённых в декабре 1935 г. [1] Угроза жилью и железной дороге была очевидна: ул. Комсомольская застраивалась на участках, где отсутствовал лес,

что свидетельствовало о регулярном сходе лавин. То, что лавин здесь не было последние пять лет, нельзя было считать убедительным аргументом. По словам Чирвинского на заседании комиссии по снегоборьбе, лавины 5 декабря нельзя считать неожиданными [Протокол заседания от 17 дек. 1935 г.].

Но правительственная комиссия под председательством Яна Петерса пришла к выводу, что катастрофа носила стихийный характер и предвидеть её было невозможно, обязав трест «Апатит» начать исследования лавин и борьбу с ними собственными силами [2]. Ни один из руководителей не подвергся репрессиям [Кировский рабочий. 16 дек. 1935 г.]. Столь мягкое решение было не характерно для той эпохи.

Расходы по ликвидации аварии и денежная помощь превысили 500 тыс. руб. Для предотвращения подобных катастроф были приняты срочные беспрецедентные меры:

- из жилых домов в зоне риска выселены и размещены в каменных домах посёлка и города 2650 человек,
- для защиты промышленных объектов и жилья возведены капитальные инженерные сооружения: лавинорезы, дамбы и стенки,
- прекращено строительство деревянных домов в пользу каменных,
- добыча апатитовой руды переведена с открытых работ на подземные как менее зависимые от стихии,
- для защиты железнодорожной ветки от лавин решено проложить туннель под г. Юкспор,
- создана снежно-метеорологическая служба, до сих пор курирующая научно-исследовательские работы по снегу наряду с оперативной борьбой с лавинами.

Затраты на противолавинные мероприятия в 1937 г. составили 30 млн. руб. – большие деньги по тем временам. Обоснования по их реализации изложены в подробных письмах в Главхимпром, Ленинградский обком ВКП(б), правительственную комиссию за подписью управляющего трестом В.И. Кондрикова. К сожалению, эти меры не смогли предотвратить лавин 16 февраля 1938 г. и 12 февраля 1960 г., повлекших за собой крупные разрушения и человеческие жертвы. Это последние катастрофические лавины в Кировске с тех пор.

#### Список литературы

1. Анисимов М.И. Снежные обвалы на нефелиновой ветке // Метеорологический вестник. 1935. № 3-4. С. 40-41.
2. Зеленой И.К. О первых годах борьбы с лавинами в районе г. Кировска // Инж. гляциология. Апатиты: изд-во КФ АН СССР, 1973. С. 39-44.
3. Кольчатова А.О., Симакова Е.А. Вклад П.Н. Чирвинского и А.Е. Ферсмана в исследование снега и лавин в Хибинах // Отечество моё – Хибинь. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 53-59.
4. Ржевский Б.Н., Самойлов В.А. Экспериментальные исследования динамики лавин в Хибинах // Метеорология и гидрология. 1977. № 12. С. 97-100.
5. Снег и снежные обвалы в Хибинах. Л.-М.: Гидрометеиздат, 1938. 98 с.

#### **В.И. Немирович-Данченко: виденное и слышанное в Хибинах <sup>1</sup>**

Саморукова А.Г.

Центр гуманитарных проблем КНЦ РАН, Апатиты, samorukova@isc.kolasc.net.ru

#### **V.I. Nemirovich-Danchenko: the seen and the heard in the Khibiny**

Samorukova A.G.

*Известный писатель В.И. Немирович-Данченко одним из первых пробудил интерес отечественной интеллигенции к Крайнему Северу, опубликовав серию очерков о путешествиях на Кольский п-ов. Он первым опроверг миф об отсутствии народного творчества у саамов, продемонстрировав записи саамских сказаний, собранные во время путешествия на оз. Имандру.*

*Famous writer V.I. Nemirovich-Danchenko was one of the first to evoke interest of the Russian intelligentsia in the Extreme North by a series of his sketches on his travel to the Kola Peninsula. He was the first to refute the myth of the Sámi having no folklore by presenting the Sámi legends gathered during his travel to the Imandra lake.*

<sup>1</sup> Доклад на областной конференции, посвящённой 75-летию Кировского историко-краеведческого музея, г. Кировск, 22-23 апреля 2010 г.

С середины XIX в. Русский Север становится привлекательным для деятелей искусства. Путешествия по северным морям, островам и побережьям совершили писатели и художники С.Л. Максимов, К.А. Коровин В.А. Серов, А.А. Борисов, С.Г. Писахов, которых интересовали памятники старины, северные пейзажи, своеобразный быт коренного населения. Одним из первопроходцев, пробудивших интерес отечественной интеллигенции к природе и обитателям Севера, был Василий Иванович Немирович-Данченко (1848-1936 гг.), известный писатель и публицист, старший брат выдающегося театрального деятеля Владимира Ивановича Немировича-Данченко. Он первым затронул тему Русского Севера в отечественной публицистике.

В.И. Немирович-Данченко родился в Грузии в семье офицера, которая постоянно перемещалась по Кавказу вместе с русскими войсками. В 1858 г., следуя примеру отца, он поступает в Александровский кадетский корпус в Москве. В 1863 г. меняет планы и переезжает в Петербург с намерением поступить в университет. Там он знакомится с известными литераторами и публикует первые стихи. В это же время в разных изданиях появляются его рассказы, журнальные обозрения, фельетоны. За смелость в выражении мыслей в 1869 г. Немирович-Данченко выслан в Архангельск, где и состоялось его знакомство с Севером.

Благодаря Н.А. Некрасову пять стихотворений В. Немировича-Данченко были опубликованы в «Отечественных записках». Это открыло начинающему писателю дорогу в «толстые журналы». С середины 1870-х гг. он активно сотрудничает с периодикой, печатает рассказы, повести, романы, путевые и этнографические очерки, репортажи, детские произведения. После окончания университета молодой литератор решает не сдерживать давнюю страсть к путешествиям. В 1870-х гг. он в постоянных разъездах и быстро завоёвывает репутацию писателя-туриста, корреспондента-этнографа. Появляются его подробные отчёты о поездках, пользующиеся неизменным успехом у читателей. Писатель продолжает работать в жанре путевого очерка, повествуя о Кавказе и Крыме. Со временем его пристальное внимание привлекает Север. Появляется цикл книг «На далёком Севере», «Страна холода», «За Северным полярным кругом», «В пустынях Лапландии», «Мурманская страда», «Лапландия и лапландцы» и др. Очерки о поездках по Русскому Северу публикуются в ведущих литературных журналах «Дело», «Вестник Европы», «Отечественные записки». Его книги читающая Россия воспринимала не как исследования, а как художественное описание Севера. Позже они неоднократно выходили отдельными изданиями. Путевые заметки В.И. Немировича-Данченко были насыщены малоизвестным этнографическим материалом, пейзажными зарисовками, занимательными рассказами о дорожных приключениях, встречах и беседах. Несмотря на высокую оценку товарищей по перу, в т.ч. И.С. Тургенева, творчество В.И. Немировича-Данченко критика встретила прохладно. Отдавая дань «некоторому таланту», «гладкости языка», «картинности» в описании природы, отмечалось стремление писателя «во что бы то ни стало произвести эффект». За талантливое описание Севера В.И. Немирович-Данченко удостоен высокой чести быть принятым в члены Императорского русского географического общества.

«Страна холода. Виденное и слышанное» – одна из первых книг В.И. Немировича-Данченко, написанная под впечатлением поездки на Кольский п-ов. Она состоит из путевых очерков о Мурмане, Русской Лапландии, Кандалакше и Северном Поморье. По словам писателя, северный край давно манил «в те горные и прибрежные захолустья, где северная природа поражает туриста своим мрачным величием». В.И. Немирович-Данченко был заочно знаком с краем по рассказам поморских судохозяев и промышленников. Его интересовали первые поселения западной части Мурмана, жизнь предприимчивых поморов-рыболовов и отважных колонистов. Манили и обещали много новых впечатлений озёра Лапландии, её порожистые реки, величавые панорамы каменных вершин, водопады, погосты коренных жителей с их своеобразным бытом. В.И. Немирович-Данченко готовился к поездке, изучая все доступные материалы о полярной окраине Кольского п-ова. В июле 1873 г., получив пособие от Русского географического общества, он отправился на пароходе «Качалов» до норвежских городов Вардо и Вадсё, оттуда – на лодках по становищам Мурмана и пешком внутрь Лапландии.

Писателя особенно интересовало, есть ли народная поэзия у коренного населения Лапландии – саамов. Ко времени его поездки у исследователей сложилось мнение, что у обитателей далёкого края народного творчества нет. Оспаривая это мнение, В.И. Немирович-Данченко

утверждал, что нет народа без сказки и песни, как нет человеческого организма без сердца. Первые попытки познакомиться с фольклором саамов путешественник предпринял в Кильдинском погосте. Местные жители заявили, что своих песен у них нет, а сказки забыли и припомнить не могут. Та же участь постигла его и в первую экскурсию по р. Туломе. Такого же мнения были и два священника, долгое время проживавших с саамами. Напрашивался вывод: саамы не имеют народной поэзии. «Не может быть! тысячу раз говорил я себе. Природа Лапландии прекрасна. Горные вершины её веют диким величием своих громад, зеркальные плёсы озёр, извивы порожистых рек, узкие поросшие зеленью долины – переполнены истинно идиллическими красотами. Где же и петь как не здесь, лицом к лицу с этой природой?» [1]

Вернувшись в г. Колу из кратковременных экскурсий-поездов по саамским погостам, В.И. Немирович-Данченко готовится к путешествию в самое сердце Лапландии – на оз. Имандру. Туда он отправился на поиски народной поэзии, почти разуверившись в её существовании. Его поездка началась со встречи с Хибинами, которые произвели на него огромное впечатление, о чём он позже напишет в своём очерке. «Скоро ветер упал. Последние тучи сбежали, дали раздвинулись – и я только тогда заметил на юге какие-то тёмные массы. Точно там скопились новые грозные массы. Против этого говорила их неподвижность и неизменяемость.

– Что это?

– Хибины.

Я невольно вздрогнул. Перед нами было средоточие Лапландии – горные массы, составляющие центр и стержень этого громадного полуострова. Отсюда были видны два величавые плоскогорья, словно пьедесталы, изорванные провалами и откосами. Справа и слева ещё несколько валов. Но всё это однообразно синее. Ни оттенков, ни световых полос. Они ещё очень далеко, но их громадные формы уже дышат величием и полярною мрачностью. Как-то настраиваешься на торжественный лад, ждёшь чего-то особенного среди этого простора, далее которого не портят даже мрачные хребты» [2].

Именно на Имандре сбылись ожидания литератора. Он услышал саамскую песню. Её мелодика была чрезвычайно оригинальна: гортанные, тихие, монотонные, звуки, не лишённые своеобразной прелести. Лопарская песня произвела на В.И. Немировича-Данченко незабываемое впечатление. В тот же вечер, остановившись на ночлег на вершине прибрежной вараки, проводники-саамы рассказали писателю несколько преданий. В.И. Немирович-Данченко обратил внимание на особое уважение саамов к тем, кто умел составлять песни и рассказывать старые былины. Его заинтересовало то, как складывалась песня: один её составляет, другие подхватывают, учат и поют, иногда меняя в ней имена. Складывались песни на свадьбах, праздниках, суймах, в пути на перекочёвках. На некоторые оказали влияние русские традиции, другие совершенно оригинальны. Мотивы песен однообразны, напоминают журчание воды в ручье. Наиболее живописные места саамы описывали в легендах. Больше всего преданий и песен автору удалось записать между Иок-островом и Зашейком. Здесь много рассказывается о набегах врагов – чуди. В исторических сказаниях и песнях местному населению почти часто отводится роль страдающего народа. Спасти от врагов удавалось только при помощи колдовства или бури. Исключения – сказания о саамских богатырях. Подводя итог путешествию по возвращении в Петербург, В.И. Немирович-Данченко, выступил с докладом на заседании Географического общества, где продемонстрировал записи саамских сказаний и опроверг миф об отсутствии народного творчества у саамов. Сказки и песни этого народа давали этнографу богатый материал для заключения о саамской старине, пище, жилищах, одежде и обычаях жителей Лапландии.

#### Список литературы

1. Немирович-Данченко В.И. Страна холода. Виденное и слышанное. СПб. 1877. С. 196.
2. Там же. С. 526.

**Северный горно-химический комбинат:  
несостоявшееся строительство и его последствия<sup>1</sup>**

Тарараксин С.В.  
Кировск

**Northern Mining-Chemical Plant: abandoned construction and its results**

Tararaxin S.V.

*В 1931 г. на Кандалакшской площадке началось строительство Северного химического комбината, которое было прекращено в 1935 г. в связи с отсутствием достаточной сырьевой базы. В статье рассматривается история проектировки местоположения комбината и промышленно-экологические последствия консервации строительства.*

*In 1931 constructing the Northern Chemical Plant on the Kandalaksha area was launched. It was abandoned in 1935 due to the lack of the sufficient raw materials resources. The article highlights the history of selecting the location of the plant and industrial-ecological situation that the conservation of the construction resulted in.*

С решением о строительстве горнодобывающего предприятия в Хибинах встал вопрос глубокой переработки апатитового и нефелинового сырья. Получение апатитового концентрата неразрывно связано с добычей сырья, потому строительство обогатительной фабрики предусматривалось в непосредственной близости от рудника. Для дальнейшей переработки требовался промышленный комплекс. Его можно было разместить в центре страны в районах с достаточными трудовыми и энергетическими ресурсами, но дальние перевозки сырья тормозили производство. Во-первых, малая пропускная способность Мурманской железной дороги ограничивала объёмы перевозки. Во-вторых, стоимость перевозки первичного сырья приравнивалась к себестоимости конечной продукции.

В 1929 г. стали рассматриваться первые варианты строительства комплекса химических заводов в непосредственной близости от места добычи. В расчёт были приняты пять площадок: в Княжей губе, Колвице, рядом с железнодорожным разъездом Белый, в Хибинах рядом с апатитовой фабрикой и Кандалакше. Два первых варианта отпали практически сразу: на этих площадках отсутствовала необходимая инфраструктура. Строительство химического комплекса на той же площадке, где предполагалось возведение апатитовой фабрики, было невозможно по двум причинам. Во-первых, уже приблизительные подсчёты показали, что площадка «не имеет достаточного количества воды и в расчёт не принимается, т.к. подавать воду из озера Имандра на 20 км на высоту 200 метров едва ли будет рационально». Во-вторых, «условия рельефа местности в Хибиногорске не допускают строительство города более чем на 40-50 тысяч человек».

При окончательном выборе площадки рассматривалось два варианта: Кандалакша и район, где сегодня расположен г. Апатиты, а в начале 1930-х гг. существовал лишь железнодорожный разъезд Белый. При выборе места строительства учитывалось множество обстоятельств, необходимых для существования и успешной работы будущего химического комбината. Рассмотрим некоторые из них.

Предполагалось, что «намечающиеся к постройке заводы будут продуцировать окись алюминия, фосфор, фосфорную кислоту, суперфосфат, термофосфат, соду, цемент и стекольные изделия». Площадка для строительства должна быть в близости от мощного источника электроэнергии, источника чистой воды и места сброса отходов, грунты на ней должны быть такими, чтобы земляные работы сводились к оптимальному минимуму. У «apatитской» площадки, кроме близости к источникам сырья, других преимуществ не было. Оз. Имандра было единственным источником чистой воды для Кандалакши, потому не могло быть привлечено к производству. В 1933 г. были исчерпаны возможности сброса отходов с апатитовой фабрики. Специалисты констатировали: «Сейчас ещё 300 тонн отходов нефелиновых хвостов можно ежедневно спускать в р. Белую, но 3000 тонн этих хвостов речка Белая не выдержит». «При сооружении заводов у станции Апатиты потребуется сооружение очистных сооружений и отвод на большое расстояние загрязнённых вод от заборных колодцев, так как не допустимо загрязнить оз. Имандра».

<sup>1</sup> Доклад на областной конференции, посвящённой 75-летию Кировского историко-краеведческого музея, г. Кировск, 22-23 апреля 2010 г.

Кандалакша подходила по всем требованиям. В 1928 г. в ней проживали 4996 чел. В посёлке имелись железнодорожное депо, консервный завод производительностью 10000 консервных банок в день, школа второй ступени, в которой занималось 470 детей. Население промышляло рыболовством. Основная промысловая рыба – сельдь. Вылов сёмги не носил товарного характера. «Так в Кандалакше в 1926 г. сами рыбаки постановили не ловить сёмгу в течение нескольких лет в устьях реки Нива неводами. На некоторых участках той же реки лов разрешён только удочкой».

Удар по сёмужьему промыслу нанесло строительство электростанции Нива ГЭС-2. Она была первой ласточкой создания в р-не Кандалакши мощного энергетического узла для снабжения электроэнергией строительства горно-химического комплекса. В энергетическую систему должны были войти три гидроэлектростанции Нивского каскада, гидроэлектростанции на р. Ковда и Умба. Планировалось освоение гидроресурсов р. Колвица. Основное количество электроэнергии предполагалось передавать с Нивы-3 на завод окиси алюминия по шинопроводам, минуя стадию трансформации.

В пользу Кандалакши было то, что все намечаемые к строительству гидроэлектростанции находились в непосредственной близости от неё, существовали портовые сооружения и крупная железнодорожная станция. Кроме того, «площадь около Апатитов заболочена или покрыта торфяником. На освоение Кандалакшской площадки в сравнении с Апатитами потребуются значительно меньше затрат», поскольку её грунт «сложен из ледниковых моренных отложений». Самый главный аргумент в пользу Кандалакшской площадки – спуск «фекальных вод возможен непосредственно с каждого завода или даже цеха в Белое море». Сброс предполагалось производить без очистки.

18 августа и 3 сентября 1931 г. Президиум ВСНХ и СТО санкционировали строительство Северного химического комбината. Темпы работ ограничивались объёмами финансирования и рабочей силы. С первого же дня работы отставали от графика. У государства хронически не хватало средств, коллективизация практически завершилась, и источник дешёвой рабочей силы иссяк. Документа, свидетельствующего о прекращении строительства в 1935 г., обнаружить не удалось. Сегодня можно лишь строить предположения о причинах консервации объектов. Известно, что именно в то время принята программа развития оборонной промышленности и перевооружения Красной армии. Броня для танков и алюминий для самолётов стали нужнее, чем стекло и термофосфат.

Строительство комбината доставило немало неприятностей его организаторам. Одной из причин отстранения от дел директора комбината «Апатит» В. Кондрикова была его докладная записка А. Жданову, в которой он отстаивал необходимость продолжить работы в Кандалакше. На первого заместителя Кондрикова Г. Гебера как на «вредителя» было заведено дело. В нём значится, что Гербер вместе с «врагом народа» Кондриковым вёл строительство Кандалакшского горно-химического комбината без достаточной сырьевой базы. В результате 23 млн. руб. потрачены впустую, что едва не подвело Гебера под расстрел.

Но свёртывание строительства стекольного и цементного производства, производства суперфосфата и окиси алюминия в перспективе высвобождало энергетические мощности и, по всей видимости, строительство на площадке завода окиси алюминия продолжалось. Об этом свидетельствует фотоснимок строительной площадки цеха электролиза алюминия, сделанный в феврале 1941 г. Производство перепрофилировали, но некоторые инженерные решения, принятые в первоначальном проекте, остались. Например, до сих пор действует шинопровод генераторного напряжения Нива ГЭС-3 – алюминиевый завод.

После войны в строй ввели ещё две гидроэлектростанции Нивского каскада, построили каскад на р. Ковде. Было принято решение отказаться от строительства электростанций на Умбе и Колвице, тем самым сохранив две сёмужьи реки. В результате отказа от строительства увеличилась пропускная способность железнодорожной ветки Мурманск – Санкт-Петербург. В Пикалёво налажено стекольное и цементное производство из хибинского сырья. Фосфорную кислоту производят в г. Воскресенске под Москвой, суперфосфат – в Саратовской, Новгородской, Вологодской обл. и за границей. Железная дорога успешно справляется с дальними перевозками первичного сырья. К последствиям отказа от строительства можно отнести сохранение экосистемы Кандалакшского залива, заповедника и промысла беломорской сельди.

**Первая поездка А.Е. Ферсмана на Кольский п-ов в 1920 г.  
(о дате поездки и составе делегации)**

Токарев А.Д.<sup>1</sup>, Каменев Е.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Кольский научный центр, Апатиты, noo@adm.ksc.apatity.ru

<sup>2</sup> Институт экономических проблем, Апатиты, kamenev@iep.kolasc.net.ru

**A.E. Fersman's first trip on the Kola Peninsula in 1920  
(on the trip date and membership)**

Tokarev A.D., Kamenev E.A.

*До настоящего времени разнятся сведения о сроках пребывания и составе делегации первой поездки акад. А.Е. Ферсмана на Кольский п-ов в 1920 г. В статье предпринята попытка установить данные на основе работ 1930-х гг., когда воспоминания о поездке были свежи.*

*The data on the period and membership of Acad. A.E. Fersman's first trip on the Kola Peninsula in 1920 have been differing. The current article attempts at defining these basing on the works of 1930's, when the memories on the trip were bright.*

Первый полуторачасовой маршрут А.Е. Ферсмана на окраинную возвышенность Маннепах в 1920 г. стал отправной точкой многолетних исследований недр Кольского п-ова. Позднее были сотни маршрутов в Хибины, Мончетундру, Ковдор, Африканду и другие рудные точки, описанные в дневниках, «привязанные» к месту и времени, как говорят геологи. Тот первый маршрут остался запечатлённым лишь в памяти Ферсмана.

В декабре 1919 г. в Петрограде руководители Российской академии наук А.П. Карпинский и А.Е. Ферсман «...в заботах о наилучшем использовании всех приложенных к изучению Севера сил» разрабатывали стратегию изучения природных ресурсов северных просторов России. Они обратились ко всем учёным, ранее работавшим на обширной территории от Шпицбергена до Чукотки, с просьбой оказать содействие участием или советом.



Рис. 1. Слева направо: А.Е. Ферсман и А.П. Карпинский, Ю.М. Шокальский, А.П. Герасимов.

На специальное совещание в старинном особняке Русского географического общества в Демидовском переулке собрались знатоки Русского Севера – более 70 видных учёных. Под председательством А.Е. Ферсмана на совещании, длившемся с 16 по 24 мая 1920 г. по десять часов ежедневно, заслушано 77 докладов по геологии, старинным горным разработкам, звериным и рыбным промыслам, природе, населению и отечественному опыту освоения Севера. Через несколько дней вышло постановление Совета Труда и Оборона о достройке и эксплуатации Мурманской железной дороги. Вскоре из Петрограда на Мурман специальным поездом выехала правительственная комиссия из специалистов Академии наук и научно-производственных организаций с целью обследования и оценки путей освоения края.

О первой поездке А.Е. Ферсмана на Кольский п-ов в начале лета 1920 г. сведений немного. До сих пор нет однозначного мнения о сроках пребывания и составе делегации. Это связано с тем,

что авторы статей и докладов ссылаются на работы самого А.Е. Ферсмана и его сподвижников, в которых называются различные сроки выезда из Петрограда и состав делегации. Ниже приводятся ссылки из работ 1930-х гг., когда были свежи воспоминания о поездке. Сроки пребывания и состав делегации выделены нами жирным шрифтом. В сборнике «Апатито-нефелиновая проблема Хибинских тундр» (1929) в статье А.Е. Ферсмана «Как был открыт апатит» указано: «Вскоре после освобождения края от английской оккупации, **весною 1920 г.**, мы впервые, по инициативе Мурманской жел. дор., проникли в этот массив и решили подвергнуть его дальнейшему исследованию» [1]. О составе делегации не говорится. В статье «История освоения Хибин» «Путеводителя по Хибинским тундрам» за 1931 г. значится: «В 1920 г. начаты были работы Академии наук и Северной научно-промысловой экспедиции под общим руководством А.Е. Ферсмана, причём толчком к ним явилось предложение Мурманской железной дороги проехать в специальном поезде в Мурманск для обсуждения вопросов, связанных с хозяйственным строительством этого края, недавно освобожденного от разрушительной оккупации английской армией. В этой поездке **в конце мая 1920 г.** приняли, между прочим, участие **президент Академии наук А.П. Карпинский, акад. А.Е. Ферсман и геолог Геологического комитета А.П. Герасимов.** В полярную светлую ночь была совершена экскурсия со станции Имандра на контакты горы Маннепахка...» [2] В сборнике «За Полярным кругом» (1932) в статье А.Е. Ферсмана «Освоение Кольского п-ова и его богатств» читаем: «В специальном поезде Мурманки **весною 1920 г.** впервые мы попали в этот край, полуразрушенный английской оккупацией, и в полярную светлую ночь **конца мая** впервые поднимались со ст. Имандра на высоты Хибинских предгорий» [3]. В сводном отчёте учёного секретаря Кольской базы АН СССР А.М. Оранжевой (1936), изданном в 2009 г., значится: «**1920 г. 20.05.** Из Ленинграда выезжает специальная Комиссия для ознакомления с состоянием Мурманской ж. д. и Мурманского порта. В состав Комиссии входят **акад. А.П. Карпинский, акад. А.Е. Ферсман, проф. Шокальский, геолог А.П. Герасимов.** Первые сборы минералов на контактах Маннепахка у ст. Имандра.» [4] (рис. 1). В отчёте указывается четвёртый участник поездки – проф. Шокальский.

Первый анализ пребывания на Кольском п-ове А.Е. Ферсмана сделан в статье А.А. Киселёва (1972) [5]. На основе архивных данных Северной научно-промысловой экспедиции (СНПЭ), хранящихся в Государственном архиве Мурманской области (ГАМО), А.А. Киселёв делает вывод, что «комиссия в составе президента Академии наук А.П. Карпинского и академика А.Е. Ферсмана выехала на Мурман 4 июня 1920 г...» При этом указывает, что подтверждения о других участниках поездки в материалах СНПЭ нет, поэтому он утверждает только о двух участниках комиссии. Но А.П. Герасимов являлся сотрудником Геолкома, а Ю.М. Шокальский – президентом Географического общества и поэтому они могли быть командированы другой организацией (Петроградским советом или Мурманской железной дорогой). Авторы согласны с утверждением

<p>РСФСР          Высший Совет Народного Хозяйства          Северная Научно-Промысловая экспедиция          7 июня 1920 года № 403/2          Петроград, Университетская наб., 5          Академия наук          Геологический музей</p>	<p>Заведующему Мурманской          Биологической станции          Герману Августовичу Крюге            Информация № 2</p>
--	---

...4 июня выехали на Мурман члены Президиума Учёного совета А.П. Карпинский и А.Е. Ферсман для ознакомления с Мурманом вообще и в частности с окрестностями озера Имандры, на берегу которого или в районе Хибинских гор предполагается соорудить гидрометеорологическую станцию, как филиальное отделение Мурманской Биологической станции.

С ними же поездом отправился и Н.И. Прохоров, начальник Почвенно-ботанического отряда. Возвращение А.П. Карпинского и А.Е. Ферсмана в Петроград ожидается около 15 июня....

Секретарь (М.Жданко)

Рис. 2. Телеграмма секретаря СНПЭ М. Жданко заведующему Мурманской биологической станции Г.А. Крюге от 7 июня 1920 г.

А.А. Киселёва о сроке выезда (4 июня) из Петрограда на Мурман правительственной комиссии. Дополнительное подтверждение того, что А.Е. Ферсман и А.П. Карпинский не могли выехать 20 мая 1920 г. из Петрограда, – документы заседания учёного совета СНПЭ в Петрограде от 25 мая 1920 г. [6], 1 июня 1920 г. [7] с их участием и телеграмма секретаря СНПЭ М. Жданко заведующему Мурманской биологической станции Г.А. Ключе от 7 июня 1920 г. [8] с указанием сроков поездки (рис. 2).

О составе делегации однозначного мнения нет, требуются дополнительные поиски в архивах. Один из авторов статьи (Е.А. Каменев) решил повторить ферсмановский маршрут на г. Маннепахк. В молодые годы, когда геологическая партия, в которой он работал, только начинала изучение Хибинского массива, он многократно бывал в этих местах. Теперь ему хотелось почувствовать впечатления А.Е. Ферсмана от первого свидания с Хибинами. 9 июня 1985 г., ровно через 65 лет после первого посещения Ферсманом Хибин, Е.А. Каменев сошёл с поезда на станции Имандра. Было раннее утро. Ясная солнечная погода. Прикинул направление, по которому вероятнее всего мог отправиться Ферсман, чтобы успеть подняться на гору и не опоздать к поезду. По лесной тропке добрался до подножья Маннепахка. На прогалинах местами ещё не сошёл снег. В первом обнаруженном обнажении – контакт нефелиновых пород возрастом более 360 млн. лет



Рис. 3. Вид на г. Маннепахк со стороны оз. Имандра.

с древними зелёными сланцами, которым более 2 млрд. лет. Пользуясь редким случаем, изучил контакт горных пород, записал наблюдения и сфотографировал. Поднялся по склону выше. «Под серыми лишаями и мхами», как говорил Ферсман, обнажается распространённая в Хибинах горная порода – хибинит.

С высоты открывается живописная панорама оз. Имандра (рис. 3). Водная гладь уже освободилась от утренней дымки, но горы на противоположном берегу скрыты за низкими облаками. В хибините обнаружил пегматитовую жилу, поразившую Ферсмана «целой гаммой редчайших минералов»: кристаллами эв-

диалитов цвета вишни, ярко-жёлтого сфена, чешуйками золотистого астрофилиита (фиолетового плавикового шпата не разглядел, поскольку в Хибинах он встречается крайне редко). Зато ему повезло отыскать «заповедный серый уголок земли, которым одарила природа» наш Хибинский край, с которого началась новая история Хибин.

#### Список литературы

1. Ферсман А.Е. Как был открыт апатит // Апатито-нефелиновая проблема Хибинских тундр. Л.: НХТИ, 1929. С. 40-52.
2. Ферсман А.Е. История исследования Хибин // Путеводитель по Хибинским тундрам, А.Е. Ферсман. Л.: изд-во АН СССР, 1931. С. 35-38.
3. Ферсман А.Е. Освоение Кольского п-ва и его богатств // За Полярным кругом. Л.: изд-во АН СССР, 1932. С. 3-7.
4. Оранжева А.М. Работа Академии наук СССР и социалистическое строительство на Кольском полуострове (1920-1935). Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 119.
5. Киселёв А.А. А.Е. Ферсман на Кольском п-ве // Летопись Севера. М.: Мысль, 1972. Т. 6. С. 263-283.
6. ГАМО. Ф. 20. Оп. 1. Д. 1. Л. 24.
7. Там же. Л. 5.
8. Там же. Л. 14.

## Изучение исторического городского ландшафта в рамках визуальной антропологии<sup>1</sup>

Травин И.А.

Центр гуманитарных проблем КНЦ РАН, Апатиты

### The study of the historical town landscape in the framework of the visual anthropology

Travin I.A.

*В Кировско-Апатитском р-не есть постепенно разрушающиеся объекты, оставленные людьми. Сбор визуальной информации может помочь научной общественности выявить причины того, что здание было оставлено, и предшествовавшие этому процессы.*

*In the Kirovsk-Apatity area there are constantly collapsing littered buildings. Gathering the visual material may help the scientists reveal the reasons of the building being abandoned and define the processes that predetermined it.*

На планете существует множество географических ареалов оставленных людьми жилищ – это города и деревни в различных географических регионах практически всех заселённых людьми континентов. Визуальной антропологии, которая занимается сбором визуальных – видео- и фотографических – образов интересен единичный временной интервал общего антропологического процесса развития общества. Сбор визуальной информации может помочь выявить причины, по которым здание было оставлено, и предшествовавшие этому процессы.

Сооружения из дерева легко подвержены воздействию природы и насекомых и разрушаются быстрее всего. Их технический снос самый низкзатратный, поэтому они первыми попадают в планы перепланировки городов и малочисленных поселений. Снос зданий из железобетона, кирпича, камня более дорогостоящий, поэтому используется не так часто. Их разрушение занимает больше времени, чем строений из дерева, и они дольше сохраняют свой облик – как первозданный, так и в разрушенном состоянии. Поэтому легче обнаружить объекты изучения из железобетона, камня, кирпича, которые позволяют сформировать полный образ региона.

В Кировско-Апатитском р-не есть постепенно разрушающиеся объекты, оставленные людьми. Большинство из них – не деревянные жилые строения позднего периода широкого капитального строительства. В период активного оставления жителями домов эти здания были полностью пригодны для проживания, в них были горячая/холодная вода, канализация, отопление, электричество и телефонная сеть. Сейчас не обслуживаемые коммунальными службами здания приходят в упадок и постепенно разрушаются. Их вид вызывает эмоции, характерные для восприятия заброшенных зданий в местах техногенных катастроф, химического или радиационного заражения (рис. 1, рис. 2).



Рис. 1. Жилые дома пос. Коашва.



Рис. 2. Оставленный жителями дом, пос. Коашва.

Интересен тот факт, что бывшие обитатели этих домов проживают в непосредственной близости от них. Наличие внутреннего декора покинутых квартир свидетельствует о серьёзном

<sup>1</sup> Доклад на областной конференции, посвящённой 75-летию Кировского историко-краеведческого музея, г. Кировск, 22-23 апреля 2010 г.

отношении их хозяев к созданию в них уюта (рис. 3, рис. 4). Возникает прямая ассоциация с фресками купален вилл вблизи Помпей. Видя свои бывшие квартиры изо дня в день, люди не стремятся создавать уют в новом жилье, т.к. наглядный пример неиспользуемого дома показывает, что возможен аналогичный сценарий жизни в новой квартире.



Рис. 3. Внутренний вид оставленной квартиры.



Рис. 4. Двор дома пос. Коашва.

В Кировско-Апатитском р-не есть заброшенные объекты более раннего строительства, в т.ч. транспортные узлы (рис. 5, рис. 6). Оставление жителями домов и строений хозяйственного назначения свидетельствует о миграции населения в рамках населённого пункта – микро-миграции.



Рис. 5. Вокзал г. Кировска.



Рис. 6. Вокзал г. Кировска, вид изнутри.

В истории человечества было много миграций разной пространственной и временной протяжённости. Некоторые ранние города Междуречья и Центральной Америки обладали развитой инфраструктурой, но со временем жители покидали их, основывая неподалёку новые поселения. Более протяжённые по расстоянию миграции отражены в этнических записях. В XIII в. поэт и учёный Снорри Стурлусон записал цикл исландских мифов и песен о богах. В «Младшей Эдде» повествуется о переселении свеев из Азии на Скандинавский п-ов. Столь протяжённые миграции заставляют учёных исследовать их исторические предпосылки. Микро-миграции также могут представлять научный интерес, давая возможность постепенно фиксировать процесс переселения. Анализ их причин поможет понять причин миграций, отражённых в исторической литературе и этнических записях.

Несмотря на технологический прогресс, современные люди не отличаются от своих предков, населявших планету XV-XXV вв. назад. Геополитические, финансовые, жилищные, куль-

турные и другого рода проблемы имеют схожие причины и способы решения. Мотивация человека неизменна независимо от периода развития общества. Поэтому изучение современных микро-миграционных процессов поможет установить причины исторических миграций. Миграции раннего исторического периода и современные микро-миграции имеют общие черты и признаки. Люди оставляют не только места проживания, жилые постройки, но и культурные объекты: места поклонения богам, культурного развития, повышения образования населения, а также места выполнения работы: ремесленные мастерские и т.п. Аналогия с микро-миграцией в Кировско-Апатитском р-не очевидна (рис. 7, рис. 8).



Рис. 7. Зброшенне строение пос. 25 км



Рис. 8. Зброшенная улица пос. 25 км.

Среди различий микро- и макро-миграций выделяют следующие: оставленные при микро-миграции объекты находятся в пределах населённого пункта мигрантов, в случае макро-миграций люди не имеют визуальной связи с покинутыми строениями, и образ строений отражается в литературном/устном наследии этнических групп. Миграционные процессы XX в., не попадающие под микро-миграции, зафиксированы в фото/видео-визуальных образах, сохранивших представление о покинутых строениях, но это частные случаи, характерные лишь для миграционных процессов последнего времени.

В Кировско-Апатитском регионе микро-миграционные процессы в населённых пунктах оставили множество визуальных образов в виде жилых зданий, объектов транспортного, социально-культурного назначения, мест работы. В обрамлении природных объектов, особенно подвергнутых разрушительному воздействию человека, покинутые строения выглядят особенно удручающе, что оказывает негативное влияние на эмоциональный настрой жителей населённого пункта (рис. 9, рис. 10). Иногда заброшенные строения образуют архитектурный ансамбль, связанный не только временем их постройки, но и временем оставления людьми. Районы заброшенных объектов постепенно зарастают кустарником, травами, иногда пейзаж дополняется мусором (рис. 11).



Рис. 9. Здание на фоне горных разработок, пос. 25 км.



Рис. 10. Ветшающая лестница здания.



Рис. 11. Окраина пос. 25-км.

Поскольку материал постройки зданий довольно крепкий, процессы саморазрушения будут идти ещё долго, давая возможность продолжительное время наблюдать эти архитектурные ансамбли.

## Воспоминания о маршрутах 1948-50 гг.

Халезова Е.Б.  
Москва

## Memories on the routes of 1948-1950's

Khalezova E.B.

*К.з.-м.н. Е.Б. Халезова делится воспоминаниями о маршрутах в Ловозёрские тундры и Хибины 1948-1950 гг., приводя интересные факты из жизни геологов конца 1940-х и сложности, с которыми им приходилось сталкиваться в полевых работах.*

*Cand. Sci. (Geol.-mineral.) E.B. Khalezova shares her memories on the routes to the Lovozero tundras and Khibiny in 1948-1950's, providing interesting facts of 1940's geologists' life and challenges that they had to face during field works.*



Рис. 1. К.А. Власов.

**В Ловозёрских тундрах.** В 1948 г. после окончания 4-го курса МГУ я проходила геологическую практику в составе Ловозёрской экспедиции, которую возглавлял К.А. Власов<sup>1</sup> (рис. 1). Впоследствии она переросла в созданный им Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ). В задачи экспедиции входило изучение комплексов главных щелочных формаций Ловозёрского и Хибинского массивов – от интрузивных магматических до пегматитовых и редкоземельных. На основе полученных полевых и аналитических данных подготовлен ряд публикаций и выпущены две монографии. Первая – по Ловозёрскому щелочному массиву, вторая – трёхтомная «Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов», удостоенная государственной премии.

Экспедиция базировалась около оз. Ильма у подножия г. Карнасурт и Алдуайв (рис. 2). Лагерь состоял из нескольких маленьких двухместных палаток и одной большой, которая служила кухней и столовой (рис. 3). Первые маршруты проходили под руководством К.А. Власова. Позднее образовалось несколько тематических отрядов.

**Камнепад.** Однажды пятеро студентов (Бородин, Семёнов, Тихоненков и я) во главе с Власовым отправились в маршрут на местном катере вдоль западного склона Ловозёрского массива. Высадились у устья р. Тавайок, и пошли вверх по течению. Полдня описывали пегматитовые жилы, отбивали образцы, а потом решили перекусить. Накрапывал дождик. Мы выбрали местечко под навесом скалы, нарезали хлеб, почистили воблу. Вдруг над нашими головами раздался грохот. Мы ничего не поняли, но Власов сразу сообразил, в чём дело, и крикнул: «Скорее отбегайте в сто-



Рис. 2. Место лагеря экспедиции 1948 г.

<sup>1</sup> Власов Кузьма Алексеевич (1(14).11.1905-29.9.1964) – геохимик, чл.-корр. АН СССР (1953). Создатель и директор Лаборатории минералогии и геохимии редких элементов (с 1956 – Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов). Продолжил начатые акад. А.Е. Ферсманом исследования главнейших пегматитовых провинций СССР. Выявил основные факторы формирования редкометалльных гранитных пегматитов и разработал их текстурно-парагенетическую классификацию. На примере Ловозёрского массива открыл новые закономерности распределения редких элементов в щелочных породах и пегматитах, их роль как геохимических индикаторов. За монографию «Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов» удостоен Государственной премии СССР (1967). – *Прим. гл. ред.*



Рис. 3. Лагерь экспедиции 1948 г. Слева: сидят первый ряд – студент-художник Ю. Горелов, студент МГРИ Л.С. Бородин, н.с. М.В. Кузьменко, студент А. Халезов, студент-художник В. Федорович; сидят второй ряд – повариха Елена Павловна, студентка МГУ Е. Борнеман, н.с. Е.М. Еськова, студент Женя (?). Стоят – н.с. Л.Л. Шилин, В.И. Герасимовский, нач. экспедиции К.А. Власов, студент МГРИ Е. Семёнов. Справа: те же (фас).

рону!» Едва мы отскочили, как над тем местом, где мы собрались позавтракать, прогремел камнепад. Так благодаря реакции нашего начальника мы уцелели, но наша еда погибла.

**Маршрут в тумане.** В 1949 г. мы вновь отправились в Ловозёрские тундры. Я уже окончила МГУ и была начальником отряда. В нём были три человека: я, И. Тихоненков и А. Халезов. От базового лагеря на оз. Ильма наш отряд уходил в горы на западный склон Ловозёрского массива с целью изучить пегматитовые жилы. Поднявшись по отрогу и пройдя по плато Аллуайв и Ангвундасчорр несколько километров, спустились в цирк, на дне которого было небольшое оз. Сенгисъявр. Здесь мы решили поставить палатку. Когда она была почти натянута, налетел сильный ветер и оторвал крышу от задней стенки. Начался сильный ливень. Игорь сказал мне залезть с головой в мешок, пока они будут зашивать палатку. К тому времени, как она была зашита, спальники и нашу одежду можно было выжимать. Лужу палатке кое-как вытерли мешочками для образцов. Чтобы подсушить бельё на себе, мы в алюминиевой миске подожгли несколько таблеток сухого спирта и прыгали над синим пламенем, как индейцы.

Дождь сменил снег. Кое-как обсохнув, мы расстелили на полу прорезиненный плащ Игоря. Наступила ночь. Мы дрожали от холода. Сделав по глотку спирта, стали укладываться спать. У меня было ватное одеяло, которое тоже насквозь промокло. Общими усилиями мы его кое-как отжали. Холод пробирал до костей, спать было невозможно. Наступило такое же холодное утро. Палатка была наполовину завалена снегом. В тумане не было видно собственной руки – туман был как молоко.

У нас были крупы, несколько банок консервов и немного картошки. Но примуса не было – готовить не на чем. Дров тоже не было – кругом одни скалы: мы выбрали место для лагеря поближе к пегматитовым жилам в километре-двух от леса. Поскольку наши планы рухнули, приходилось экономить на желудках: три раза в день подогревали прямо в алюминиевой ложке консервы (каждому по одной ложке), отрезали по кусочку сала и по ломтику хлеба. Перед едой делали по глотку спирта, чтобы не замёрзнуть. Не смотря ни на что, мы не унывали, рассказывали анекдоты и пели: «Помирать нам рановато, есть у нас ещё дома дела».

Прошла неделя. Однажды утром мы с Андреем просыпаемся от крика Игоря: «Эй, сони, вставайте! Смотрите, какое солнышко, а вы спите!» Мы от неожиданности выскочили из палатки босиком на снег. Тут-то Игорь нас и сфотографировал (рис. 4).

Мы вытащили наши мокрые вещи и разложили их сушиться на крышу палатки и камни. Позавтракали в этот раз посытнее и решили отправить Андрея на Ильму за продуктами. Была чудесная погода, на небе ни облачка. Андрей ушёл с намерением к вечеру вернуться. Мы с Игорем собирались сходить вниз за дровами. Неожиданно во второй половине дня нас снова накрыл туман. Наступил вечер. Андрея нет. Мы стали волноваться. Когда он уходил, о технике безопасности, по которой не разрешалось отпускать одного человека в горы, никто и не подумал: двумя годами ранее я одна ночью с грузом за плечами шла через перевал от Сейдозера до Ильмы. Правда, тогда ночь была ясная. Игорь, прихватив геологический молоток, пошёл искать Андрея.



Рис. 4. Слева: наша палатка в снегу. Справа: Е. Борнеман и А. Халезов у палатки.

Я осталась одна.

Через некоторое время послышались шаги. «Слава богу, наверное, ребята идут», – подумала я. К моему разочарованию, это были два местных геолога, которые шли через горы в свой лагерь и совершенно случайно набрали на нашу палатку. «Из исправительного лагеря сбежали девять уголовников с большими сроками. Берегитесь, если они на вас наткнутся. Они ищут хлеб и паспорта,» – сказал один из пришедших. Они ушли, а я, напуганная его словами, решила почитать книгу, чтоб отвлечься. Открыла на первой попавшейся странице, и первое, что я увидела, была фраза: «За каждым углом его ждала смерть». Я отбросила книжку, зарылась с головой в сырой, не успевший высохнуть за день спальник и через некоторое время задремала. Не заметила, как пришёл Игорь. Он был один. «Ох, насилу нашёл палатку – и то только потому, что через каждый метр отбивал образцы,» – устало сказал он. Где же Андрей? Остаток ночи не спали, а утром отправились искать его вместе, взявшись за руки, чтобы не потеряться в тумане. Шли вверх, по направлению к плато, и всё время звали Андрея. Наши голоса тонули в тумане. Ответа не было.

Наконец мы выбрались на плато. Поднялся ветер. Туман стал редеть. Местами появились просветы, которые вскоре заволакивались новыми клочья тумана. Вдруг нам показалось, что мы услышали крик в ответ. Крикнули ещё раз, прислушались – тихо. Показалось. Мы метались по плато и без перерыва звали Андрея. Вдруг до нас донеслось: «Я здесь». Пошли на голос и увидели Андрея. Окаменев от холода, он стоял прижавшись к скале с рюкзаком за плечами. С трудом шевеля синими губами, он рассказал, что по пути с базы его накрыл туман, и он потерял ориентировку. Через какое-то время Андрей услышал, как у него из-под ног сорвался камень и полетел в пропасть. Он понял, что стоит на краю плато над цирком. Он остановился, нащупал сбоку от себя большую глыбу и прислонился к ней. Он надел рюкзак и стал прыгать, чтоб немного согреться. Неожиданно подул ветер, туман рассеялся, и Андрей стал искать тропу. Когда он её нашёл, его снова накрыл туман. Чтобы не заблудиться, он остановился, соорудил стенку из камней, прислонился к ней, достал из рюкзака таблетку сухого спирта и с трудом разжег её – спички успели отсыреть. Очень хотелось есть. Достал из рюкзака хлеб и кислую капусту и стал жевать, всё время прислушиваясь, не раздадутся ли наши голоса.



Рис. 5. Маршрут по заснеженному плато на Ильму.

Он понимал, что мы его ищем.

Мы были страшно голодны. Туман рассеялся, но пошёл дождь. Забравшись под выступ скалы, мы развязали рюкзак с продуктами и стали поглощать всё подряд: кислую капусту, хлеб, консервы, сахар. Наевшись до отвала, спрятали рюкзак с продуктами в расщелине скалы и пошли на Ильму, чтобы согреться и обсушиться (рис. 5).

Дождь кончился, выглянуло солнце. Горы устланы снегом. Мы двигались очень медленно, т.к. идти по осыпи было опасно – снег скрывал пустоты между камнями, оступившись, можно было сломать ногу.

Наконец мы спустились в лагерь. Нас ждал горячий обед. Выслушав рассказ о наших приключениях, К.А. Власов заставил нас выпить по полкружки разведённого водой спирта, чтобы не заболеть. Мы проспали шестнадцать часов. Наутро двинулись в обратный путь к нашей палатке. Взобравшись на плато, отыскали в скале рюкзак и через четыре часа были на месте. Начались рабочие будни: маршруты, зарисовки пегматитовых жил, отбор образцов, написание этикеток. По вечерам готовили на костре ужин, рассказывали истории, читали.

**В Хибинах.** В 1950 г. наша экспедиция отправилась в Хибинны. Объектом исследований был р-он оз. Пайкуньявр (теперь оз. Гольцовое). Здесь я была в 1947 г. с П.К. Семёновым – сотрудником Кольской базы Академии наук. В отряде три человека: начальник отряда – я, лаборантка Ляля Крутецкая и коллектор Андрей. От базового лагеря у Ботанического сада мы вышли с двумя лошадьми и проводником. Палатку разбили в долине р. Лявойок. Ночью к нам неожиданно пришёл Игорь Тихоненков, который тоже работал в северной части массива. Мы его накормили, уложили спать, и наутро он ушёл вместе с лошадьми и рабочим.



Рис. 6. Лесной пожар.

Возвращаясь из маршрута, я увидела сидящую на большом камне куро-патку. Взяв у Андрея ружьё, прицелилась и выстрелила. Куропатка упала. Раздался многоголосый писк. Мы подошли к камню и увидели с десятков птенцов. Я была в ужасе. Мы забрали добычу и отправились по направлению к лагерю. Бедные птенцы долго бежали за нами и пищали. Я чувствовала себя преступницей. Есть куро-патку я не смогла, и с тех пор никогда не стреляла по живым существам.

Далее в маршруте надо было пересечь морену. Была поздняя полярная

ночь. Достигнув хребтика, мы услышали грохот скатывающейся глыбы. Взглянув наверх, мы увидели такую картину: на вершине стоит медведь и с крутого склона сталкивает огромные камни, при этом наклоняет голову и с интересом наблюдает за камнем, пока тот не достигнет подножия. После этого берётся за следующий. Он был так увлечён, что нас не заметил. Мы тихо, стараясь не создавать шума, спустились по носику. Внизу протекал ручеёк, около которого на песке отпечатался свежий след медвежьей лапы. Нам повезло, что наши пути с мишкой не пересеклись.

Через несколько дней утром в лесу запахло дымом. Через наш лагерь тревожно полетели птицы и побежали разные зверушки, нисколько нас не боясь. Я попросила Андрея залезть на высокую ель. Оказалось, что за озером горел лес (рис. 6). Надо было снимать лагерь. Я упаковала образцы в брезентовый мешок и спрятала его на берегу речки под скалу. Ребята собирали лагерь. Вещей было много, мы переносили их частями. К ночи перетаскали всё километров за 10. Перешли вброд р. Кунийок и поставили палатки в густом лесу, так, чтобы с тропы их не было видно.

Тушить пожар приехали люди с Имандры. Мы не стали переносить лагерь обратно. Через некоторое время перенесли сюда образцы, оставленные под скалой у Лявойока. Наступала осень, зарядили дожди. Отсидев в палатке несколько дней и дождавшись И. Тихоненкова, который пришёл за нами с лошадьми, мы собрали лагерь и ушли на базу, откуда уехали в Москву. Уезжать с поля никогда не хотелось. Даже теперь, когда

Опять весна. И птиц разноголосица.  
И скоро лопнут почки на ветвях.  
Как встарь, моя душа на волю просится,  
И очутиться хочется в горах.

Туда, где возвышаются утёсы,  
Стремится моё сердце каждый год,  
Где ручейков серебряные косы  
Струятся вниз, где ясный небосвод,

Где солнце светит яркими лучами,  
Где воздух чист, и лёгкий ветерок  
Играет пуховыми облаками,  
Гоня их то на юг, то на восток.

А в осень солнце сядет за горами,  
Царица-ночь внезапно упадёт,  
Накроет Землю чёрными крылами  
И в мир волшебной сказки поведёт.

Рассыплет звёзд алмазные каменья,  
Наметит еле видный млечный путь.  
Взойдёт луна. И тотчас за мгновенье  
Всё осветится. Где же тут уснуть?

Сон улетит. И в звёздное далёко  
Я устремлю свой взор. Меж тем луна  
Уже взобралась на небо высоко.  
Долина вся уже освещена.

А гор невероятны очертанья.  
Волшебно серебрится снег вершин.  
И ночь хранит глубокое молчанье.  
И тень от гор легла на дно долин.

Плывёт луна. А ночь к концу подходит.  
И на траву уж падает роса.  
И рассветает. На меня нисходит  
Под утро дрёма и межит глаза.

И сквозь полуприкрытые ресницы  
Холодный я почувствую рассвет.  
Такая ночь мне долго будет сниться,  
И даже через много-много лет.

### **Кировскому историко-краеведческому музею – 75 лет <sup>1</sup>**

Химчук Е.П.

Кировский историко-краеведческий музей, Кировск

### **The Kirovsk Museum of the Local History is 75**

Khimchuk E.P.

*Статья представляет историю создания и развития Кировского историко-краеведческого музея – одного из старейших на Кольском п-ове. Помимо просветительской работы сотрудники музея занимаются научно-исследовательской и общественной деятельностью: выступают с докладами на конференциях, готовят материалы для средств массовой информации, отвечают за сохранность наскальных рисунков – памятника истории на прибрежном массиве Канозера, организуют заседания «Клуба интересных встреч» представителей разных профессий и т.д.*

*The article highlights the creation and development of the Kirovsk Museum of the Local History, one of the oldest on the Kola Peninsula. Along with educational activity, the Museum staff carries out scientific research and public activities, partaking in conferences with reports, preparing materials for mass media, preserving the historical monuments of petroglyphs on the Kanozero coast massif, organizing the work of the «Club of interesting meetings» with representatives of different professions, etc.*

Кировск расположен за Полярным кругом в центре Кольского п-ова. Своим рождением он обязан открытию в Хибинах богатейших залежей апатитонепелиновых руд геологическими экспедициями акад. А.Е. Ферсмана в начале XX в. Это послужило поводом открытия здесь в ноябре 1929 г. горнодобывающего предприятия – треста «Апатит». В 30 октября 1931 г. посёлку присвоен

<sup>1</sup> Доклад на областной конференции, посвящённой 75-летию Кировского историко-краеведческого музея, г. Кировск, 22-23 апреля 2010 г.

статус города. Хибиногорском город назывался до 1934 г. После трагической гибели С.М. Кирова его переименовали в Кировск. На четыре года моложе города Кировский историко-краеведческий музей – один из старейших на Кольском п-ове. Его история берёт начало в 1934 г., когда Кировский горсовет принял постановление об увековечении памяти С.М. Кирова. В этой связи был основан мемориальный музей в домике геологов – первый музей С.М. Кирова в СССР, – в котором 1 января 1930 г. проходило историческое совещание, положившее начало промышленному освоению Хибин. В домике была представлена небольшая экспозиция, рассказывающая о жизни и деятельности С.М. Кирова. У истоков создания дома-музея стоял Ю.И. Перцович, ставший его первым директором. Он занимал этот пост 6 лет, вплоть до начала войны. Созданная под его руководством экспозиция пользовалась успехом у жителей и гостей города.

В середине 1930-х гг. встал вопрос о строительстве нового здания музея. Архитектор Медведев разработал проект, предусматривавший перенос домика геологов под стеклянный купол. В 1940 г. построено здание, но закончить работы помешала Великая Отечественная война. 23.06.41 Перцович издаёт приказ: «Считать меня выбывшим в ряды рабоче-крестьянской Красной Армии согласно мобилизации». Ответственность за хозяйственное и музейное имущество он возложил на В.Ф. Ваганову, которая проработала в музее 25 лет. Среди музейных работников бытует предание, что она сложила все экспонаты в сундуки и спала на них, охраняя от хищения. В годы войны дом-музей не работал, но его фонд был сохранён.

В феврале 1947 г. состоялось второе открытие музея. Посетителей принимал новый директор – А.М. Калинин. Со временем стало ясно, что все материалы по истории освоения Хибин в маленьком домике геологов не разместить. Поэтому в 1952 г. рядом с ним построено новое деревянное здание, в котором в сентябре 1953 г. была открыта экспозиция о жизни и деятельности С.М. Кирова и людях, внесших весомый вклад в освоение края и строительство города.

Кировск развивался, накапливался материал по истории градообразующего предприятия, культурной, социальной и спортивной жизни города. После выхода А.М. Калинкина на пенсию в 1965 г. отдых, директором музея назначена О.А. Легких. С 1954 г. она работала в музее научным сотрудником. В период её руководства фонды значительно пополнились. С 1967 г. начался плановый сбор документов и предметов музейного значения. Определены ведущие темы: история освоения края, создание апатитовой промышленности, строительство города, военный период, персоналии. О.А. Легких вела переписку с людьми, работавшими в 1930-е гг. в Хибинах. Они передали музею ценные документы, фотографии, которые помогли осветить историю строительства города. За вклад в развитие и сохранение истории в 1973 г. О.А. Легких присвоено почётное звание «Заслуженный работник культуры». В июле 1978 г. Министерство культуры РСФСР и Центральный комитет профсоюзов работников культуры и искусства наградили Дом-музей С.М. Кирова Почётной грамотой.

В начале 1980-х гг. вновь встал вопрос о реэкспозиции либо создании новой экспозиции. Появилась необходимость расширять территорию. Горисполком Кировска предложил музею здание недавно освободившегося детского сада. Всеми работами по переезду музея и созданию новой экспозиции руководила Т.И. Васюра. 29 апреля 1985 г., год своего 50-летия и 40-летия Победы, музей встретил посетителей в новых помещениях. В старом здании оборудован выставочный зал. 1 февраля 1993 г. Постановлением главы администрации Кировска музей переименован в Историко-краеведческий музей с мемориалом С.М. Кирова и выставочным залом. Директором музея назначена Н.И. Зотова. Новый статус позволил расширить горизонты деятельности музея. Появился отдел природы, в 1995 г. открылась экспозиция «Природа и экология Хибин». Музей располагает одной из самых крупных зоологических коллекций на Кольском п-ове, изготовленной таксидермистом А.И. Флеровым.

С 1998 г. Кировский историко-краеведческий музей ответственен за сохранность наскальных рисунков – памятника истории на прибрежном массиве Канозера. За последние годы фонды музея значительно пополнились новыми материалами. Сегодня в них ок. 20 тыс. ед. хр. В запасниках хранятся уникальные экспонаты: комплексы документов людей, удостоенных высоких званий и награждённых правительственными наградами. Документальный фонд музея богат воспоминаниями очевидцев истории края – это рукописи первопроходцев, спецпереселенцев, участников войны, ветеранов труда. Уникальной коллекцией по праву считаются подшивки газеты «Хибиногорский – Кировский рабочий» с первого номера, вышедшего 22 декабря 1930 г.

Ежегодно пополняется историко-бытовой фонд: горожане передают предметы начала века, военного периода. За время работы сотрудниками музея собран комплекс документов о ветеранах Великой Отечественной войны. В год 65-летнего юбилея Победы музей объявил акцию «Семейная реликвия музею» – передача предметов, связанных с Великой Отечественной войной.

Работниками музея проводятся различные мероприятия и выставки в сотрудничестве с Кировским Дворцом культуры «Апатит», архивом г. Кировска, предприятиями и учреждениями гг. Кировска и Апатитов, школами города, кировской администрацией, газетой и телевидением «Хибинский вестник». В рамках «Клуба интересных встреч» представители разных профессий (горняки, медики, учителя, пожарные, спортсмены, сотрудники ПОСВИРа, воины-интернационалисты, теле- и радиожурналисты, банковские служащие) рассказывают школьникам о своей работе. Проводятся встречи ветеранов Великой Отечественной войны и труда со школьниками. В последние годы обретает популярность тема народного творчества коренного населения Кольского п-ова – саамов. В 2007 г. прошла выставка «Сказки вежного времени» по мотивам саамских сказок. Ежегодно проводятся мероприятия, посвящённые традициям, быту и обычаям саамов. В сотрудничестве с музеем участники секции краеведения при ЦДТ «Хибины» прошли маршрутом первой экспедиции А.Е. Ферсмана 1920 г., собрав фотоматериал об экологическом состоянии района экспедиции.

С 2006 г. музей возобновил традицию вручать паспорта в историческом месте – мемориале С.М. Кирова. Это мероприятие проходит ежегодно в день рождения города – 31 октября. По традиции паспорта ребятам вручает глава г. Кировска.

Особо популярен среди школьников фотоконкурс «Путешествие в природу с фотоаппаратом», направленный на воспитание у детей любви к природе и развитие творческих способностей. Ежегодно в музее проходят региональные научные конференции школьников, посвящённые различным памятным датам, например, Дню памяти акад. А.Е. Ферсмана, «Первопроходцам Хибин посвящается», «Киров и Кировск – два юбиляра». Стали традиционными выставки новых поступлений, выставки, приуроченные к дням города и юбилеям крупных учреждений Кировска: «С юбилеем тебя, «Апатит», «Поклон живым и храбро павшим слава», «Пионерская летопись Хибин», «Защитникам Заполярья посвящается», к юбилею городской больницы, Кировского ОВД, юбилеям Кировского и Расвумчоррского рудников, автотранспортного цеха. Музей также организует персональные выставки фотографов и художников, тематические выставки, например, «Снег и снежные лавины», «Из музейной кладовой». В 2007 г. в выставочном зале музея в ДК «Апатит» прошла выставка «Петроглифы Канозера», посвящённая наскальным рисункам – археологическому памятнику эпохи неолита. На ней были представлены интереснейшие экспонаты и фактический материал из р-на Канозера.

Помимо просветительской работы сотрудники музея занимаются научно-исследовательской деятельностью: составляют исторические справки, выступают с докладами на конференциях, готовят материалы для средств массовой информации. В 2006 г. к юбилею города совместно с телевидением «Хибинский вестник» подготовлен ряд программ «Кировск. Страницы истории», к 80-летию ОАО «Апатит» – цикл передач «У истоков», выпущены одноимённые диски.

При активном участии музея написаны книги «Сражались за Родину кировчане», «Кировск в документах и фактах», «Апатит» – из века в век», «Минералогия Кукисвумчоррского месторождения», «Судеб сгоревших очертанье». Выпущены издания по истории Кировского рудника, кировской милиции и др.

Музей планирует продолжить работу по сохранению и комплектованию коллекций, организации выставок и проведению мероприятий, направленных на повышение интереса к истории города. Лучшее свидетельство эффективности работы музея – отзывы посетителей: «Это удивительное, незабываемое место! Полчаса полного погружения в увлекательную историю волшебного северного края. В этом музее получаешь заряд вдохновения и человеческой доброты. Спасибо огромное!»

**Музей-архив истории изучения и освоения Европейского Севера  
ЦГП КНЦ РАН в системе культурно-исторической памяти <sup>1</sup>**

Шабалина О.В., Пация Е.Я.

Музей-архив истории изучения и освоения Европейского Севера Центра гуманитарных проблем  
Баренц региона КНЦ РАН, Апатиты, olga@isc.kolasc.net.ru

**Museum-Archive of History of Study and Development of the European North CHP KSC RAS  
in the system of cultural-historical memory**

Shabalina O.V., Patsiya E.Ya.

*Музей-архив истории изучения и освоения Европейского Севера ЦГП КНЦ РАН представляет синтез рациональной (знания) и психоэмоциональной (представления) форм культурно-исторической памяти. Наряду с музейными объектами (предметы быта, научный инструментарий и т.д.), экспонируемыми в четырёх выставочных залах, в фондах и библиотеке хранятся традиционно архивные объекты (документальные материалы персональных фондов и коллекций отечественных исследователей Кольского Севера).*

*Museum-Archive of History of Study and Development of the European North CHP KSC RAS represents a synthesis of a rational (knowledge) and emotional (conceptions) forms of the cultural-historical memory. Along with museum objects (domestic objects, scientific instruments, etc.) exposed in the four exhibit rooms, funds and a library store traditionally archive objects (documental materials from private funds and collections of Russian investigators of the Kola North).*

Примером успешного использования интеграции форм культурно-исторической памяти в целях воссоздания процесса становления и развития академической науки в региональном масштабе служит Музей-архив истории изучения и освоения Европейского Севера ЦГП КНЦ РАН, созданный в 1974 г. по решению Президиума Географического общества СССР при его Северном филиале. Автором музейной концепции был председатель Президиума СФ ГО к.г.н. Б.И. Кошечкин. Формирование документально-предметного фонда и библиотеки происходило за счёт инициативных пополнений из семейных архивов и собраний российских исследователей, чьи научные интересы были связаны с Кольским Севером: А.Е. Ферсмана, Г.М. Крепса, П.В. Виттенбурга, Б.М. Куплетского, Э.М. Бонштедт-Куплетской, Г.Д. Рихтера, И.Г. Эйхфельда и др. С 1986 г. Музей-архив входит в состав Института экономических проблем Севера Кольского филиала АН СССР. На его базе организована небольшая научно-исследовательская группа по изучению малочисленных народностей Севера.



Рис. 1. Общий вид зала № 1: «Археология и этнография Кольского п-ова (автохтоны – саамы)». Музей-архив КНЦ РАН.

Первая экспозиция Музея-архива, посвящённая истории географических открытий на Европейском Севере России, просуществовала более 20 лет. В 1997 г. Музей-архив получил второе рождение, войдя в состав Международного центра по развитию науки, культуры и образования в Баренц/Евро-Арктическом регионе (МЦНКО) КНЦ РАН. С новыми выставочными площа-

<sup>1</sup> Доклад на областной конференции, посвящённой 75-летию Кировского историко-краеведческого музея, г. Кировск, 22-23 апреля 2010 г.

дями появились новые экспозиционные возможности, с обновлённым коллективом – научно-исследовательский потенциал. В Музей-архив вошли четыре выставочных зала, фонды, библиотека. В 2004 г. МЦНКО КНЦ РАН реорганизован в Центр гуманитарных проблем (ЦГП) КНЦ РАН, в составе которого сохранена структура Музея-архива.

Культурно-историческая память как совокупность знаний и представлений о прошлом человечества наряду с рациональной составляющей – знаниями – предполагает наличие психоэмоциональной составляющей – представлений [3]. Поэтому выбранная организаторами синтетическая форма системы культурно-исторической памяти «Музей-архив» как нельзя лучше соответствует научно-познавательным и культурно-просветительским целям и задачам учреждения РАН.

Музей-архив экспонирует типичные музейные объекты (предметы быта, научный инструментарий и т.д.) и документальные материалы персональных фондов и коллекций отечественных учёных – традиционно архивные объекты. Комплексы документов отражают физическую и научную биографии, вклад в развитие науки персоналий-фондообразователей (на микроуровне), историю региональной науки в целом и её отдельных направлений, эволюцию её институтов в конкретно-исторических и общественных условиях (на макроуровне) [1]. Не обладая явными аттрактивными свойствами, подлинные документы представляют собой фактологически-смысловую основу всех экспозиций, т.к. фиксация научно-исследовательского процесса и его результатов происходила в обозримый исторический период в основном на бумажных носителях.



Рис. 2. Общий вид витрины: «Орудия промыслов и домашняя утварь саамов». Музей-архив КНЦ РАН.

Ценнейшая библиотека Музея-архива сформирована на основе частных книжных собраний по истории освоения и изучения Европейского Севера Г.Д. Рихтера, П.В. Виттенбурга, А.Е. Ферсмана и первых изданий трудов исследователей региона. Сегодня в библиотечном фонде редкой книги более 500 экземпляров, в т.ч. рукописные XVII в., старопечатные, редкие с точки зрения малого тиража; с автографами, маргиналиями, владельческими и дарственными пометами; краеведческая литература по 1959 г.

Наряду с постоянной экскурсионно-лекционной и выставочной деятельностью, Музей-архив выпускает археографические публикации для историков науки. Их проблематика обусловлена приоритетом историко-культурного и антропологического подходов исследования в гуманитарных науках. Опубликованы уникальные документальные материалы наиболее востребованных персональных фондов этнографов и историков-краеведов, изучавших Кольский п-ов. В 2008 г. издано собрание живописных и графических работ экспедиционных художников XIX-XX вв., принадлежащих Музею-архиву КНЦ РАН. Книга «Художники – участники экспедиций на Крайний Север» выпущена Санкт-Петербургским издательством «ГАМАС» и представляет более 160 произведений изобразительного искусства, выполненных в научных экспедициях за два столетия. Работы различны по жанрам, технике, уровню мастерства. Возможно, их художественная ценность неоднозначна, но историко-культурное значение бесспорно.

Сегодня основной фонд Музея-архива составляет более 2100 ед. хр., вспомогательный – более 1300 ед. хр. Первый зал открывается разделом «История археологических открытий» (рис. 1).

Древнейший период освоения Кольского Севера представлен в экспозиции коллекцией орудий, керамики, шлифовальных плит каменного века и раннего металла, найденных в совместных экспедициях 1970-х гг. ленинградских археологов под руководством Н.Н. Гуриной и Геологического института КНЦ РАН.



Рис. 3. Общий вид витрины: «Коллекция археологических находок, относящихся к Средневековью». Музей-архив КНЦ РАН.

университетами гг. Лулео (Швеция) и Тромсё (Норвегия), сотрудники Музей-архива исследуют культурное наследие, социально-экономическое и политическое положение саамов Мурманской обл. В 2008 г. совместно с Культурным саамским фондом впервые в России на саамском и русском языках издано учебное пособие «Саамское рукоделие». В 2009 г. оно было переиздано. Подготовлен и сдан в печать сборник саамских пословиц и крылатых выражений на двух языках [2].

Историю заселения Кольского Севера иллюстрирует коллекция средневековых предметов, принадлежавших первым русским переселенцам: фрагменты меча, конской сбруи, бронзовая пряжка из захоронения воина XI-XII вв., найденного в 1973 г. археологом Н.Н. Гуриной в окрестностях с. Кузомень на Терском берегу (рис. 3). Из раскопок промысловых становищ XV в. экспонируются кованые гвозди, гребень из моржовой кости, скандинавский и русский топоры и чернильница.

Старожильческое население Кольского п-ова – поморы – были опытными моряками, навигаторами и достаточно грамотными людьми. В экспозиции представлены макеты поморских судов, одежда, домашняя утварь, детали ткацких станков, прялки (рис. 4). Среди экспонируемых рукописных монастырских книг – труд XVII в., посвящённый столетию Соловецкого монастыря.

Исследования Европейского Севера России, инициатором которых был М.В. Ломоносов, начались в XVIII в. На картах представлены маршруты первых исследователей края – учёных-натуралистов И.И. Лепёхина, Н.Я. Озерцовского, выставлены прижизненные издания их научных записок, привезённых из первых экспедиций (рис. 5). На стенах – гравюры художника Реддера, сопровождавшего К.М. Бэра в путешествиях на Кольский п-ов и Новую Землю (1835). Демонстрируются личные вещи А.Ф. Миддендорфа.



Рис. 4. Общий вид зала № 2: «Старожильческое население Кольского п-ова – поморы». Музей-архив КНЦ РАН.

Историко-этнографическая часть экспозиции первого зала рассказывает о деятельности этнографов-краеведов 1920-30 гг., изучавших историю, культуру и быт автохтонов Кольского п-ова: В.К. Алымове, Я.А. Комшилове, В.В. Чарнолуском. Рисунками В.В. Чарнолуцкого иллюстрирована исследовательская работа первой комплексной этнографической экспедиции 1926 г. В экспозиции много подлинных предметов быта саамов XIX в. (рис. 2), редких фотографий, рукописей саамских сказок, материалов по истории первой саамской школы (1898), азбука на саамском языке (1895). В экспозиции также представлены работа по созданию первого «Географического словаря Кольского п-ова» и рукописная книга И. Шефферуса «Лаппония» 1674 г. Богатый материал позволяет сотрудникам музея знакомить посетителей с системой традиционного природопользования саамов, их самобытным жизненным укладом и культурой.

Изучая фондовые материалы самостоятельно и совместно с Институтом экономических проблем КНЦ РАН, Институтом этнографии,



Рис. 5. Общий вид зала № 3: «Научное изучение Кольского п-ова». Музей-архив КНЦ РАН.

Специальный раздел экспозиции музея посвящён истории морских полярных экспедиций российских учёных-географов. Представлена работа Ф.П. Литке и М.Ф. Рейнеке по составлению «Генеральной карты Лапландского берега» 1832 г., самой точной из тогда существовавших. Ряд интересных экспонатов относится ко времени исторической экспедиции к Северному полюсу Г.Я. Седова (1912): документы, предметы личной коллекции, пейзажные эскизы известного полярного художника и писателя, участника экспедиции Н.В. Пинегина, а также материалы персонального фонда В.Ю. Визе, другого участника экспедиции. Часть экспозиции посвящена первым высокоширотным экспедициям российских и зарубежных учёных, путешественников. В ней представлены письма знаменитых полярников У. Нобиле, В. Стефанссона; фрагмент керамической печи, с помощью которой готовили к полёту воздушный шар С. Андре, предметы снаряжения и научные труды американских исследователей земли Франца Иосифа, материалы российско-шведской экспедиции по градусному измерению на Шпицбергене в 1899-1901 гг.

Следующий раздел экспозиции рассказывает об истории изучения природных ресурсов Европейского Севера в первые годы советской власти. В 1920-е гг. научными исследованиями в регионе занимались Академия наук и «Северная научно-промысловая экспедиция» при ВСНХ РСФСР, организованная Р.Л. Самойловичем. Среди ценнейших экспонатов Музея-архива – материалы 1920 г. «Мурманского геологического отряда», возглавляемого проф. П.В. Виттенбургом. Реалии и события тех дней отражают работы популярного акварелиста 1890-х гг. Альберта Бенуа – полноправного члена экспедиции. Некоторые рисунки изображают местность, в настоящее время скрытую под Туломским водохранилищем (рис. 6).

Большой интерес у посетителей вызывает экспозиция о деятельности акад. А.Е. Ферсмана и его сподвижников: письма, публикации участников первых экспедиций 1920-1930 гг.; карта Хибинских тундр, выполненная по материалам В. Рамзая, дополненная и исправленная в ходе экспедиционных работ А.Е. Ферсмана 1920-1926 гг.; карта

исследовательских работ на Кольском п-ове в 1920-1934 гг.; научный инструментарий А.Е. Ферсмана, А.Н. Лабунцова, Э.М. Бонштед-Куплетской, фотографии участников экспедиций. Наряду с геологами в экспедициях принимали участие ботаники, биологи, географы. В экспозиции представлен рукописный картографический материал по комплексному изучению бассейна оз. Имандра. Работой экспедиции 1925-1927 гг. руководил Г.Д. Рихтер. Им впервые составлена батиметрическая карта этого уникального озера. В те же годы совместно с Г.М. Крепсом подготовлена первая гипсометрическая карта русской Лапландии. Вместе с полевыми экспедиционными материалами в экспозиции представлен рукописный юмористиче-



Рис. 6. Работы А. Бенуа, представленные в экспозиции. Музей-архив КНЦ РАН.

ский журнал «Кукиш» со стихами, шаржами, карикатурами, частушками, отражающими бытовые реалии и научные амбиции исследователей-полевиков того времени.

В экспозицию, в основном состоящую из документального материала, органично вписались более 50 живописных и графических произведений. Картины, эстампы, этюды, этнографические зарисовки сохранили изменившиеся под натиском цивилизации днесь пейзажи Севера, явления природы, портреты людей, фрагменты экспедиционной жизни исследователей. Среди авторов работ художники Н. Пинегин, Тыко Вылко, А. Бенуа, В. Голицин; геологи Б. Земляков, И. Бельков, этнографы В. Чарнолуский, Я. Комшилов, географ Н. Апухтин.

Последний раздел экспозиции представляет историю первого стационарного учреждения Российской академии наук за полярным кругом – КНЦ РАН – через историю развития входящих в него институтов. На стендах и в витринах выставлены интересные документы, первичные материалы полевых исследований, научное оборудование разных лет.

Музей-архив истории изучения и освоения Европейского Севера ЦПП КНЦ РАН, используя синтез различных форм исторической памяти, занимает особое место в системе её накопления и достойно справляется с возложенными на него задачами.

#### Список литературы

1. Курапова Е.Р. Эвристические проблемы при работе с личными архивами отечественных учёных (по Архиву РАН и государственным архивам краев и областей Российской Федерации) // Вестник КНЦ УрО РАН. Вып. 14. Архивы УрО РАН. 1999.
2. Пация Е.Я., Петров В.П. Научно-исследовательская и просветительская деятельность Музея-архива Истории изучения и освоения Европейского Севера России // Этнокультурные процессы на Кольском Севере. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2004. С. 161.
3. Фазизова И.В. Обсуждение статьи Козлова В.П. «Музеи, библиотеки, архивы в системе исторической памяти», опубликованной в «Отечественных архивах» № 6 за 2004 г. на электронном сайте «Архивы России» // Режим доступа: [http://www.rusarchives.ru/debate/d2\\_1.shtml](http://www.rusarchives.ru/debate/d2_1.shtml).

#### **Геолог Н.И. Берлинг. Материалы к биографии**

Шпаченко А.К.

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, [ark@geoksc.apatity.ru](mailto:ark@geoksc.apatity.ru)

#### **Geologist N.I. Berling. Materials to biography**

Shpachenko A.K.

*Ранее опубликованные материалы о геологе Н.И. Берлинге, работавшем в Особом геологическом бюро на Кольском п-ове в 1932-33 гг., ограничивались короткой справкой в книге «Репрессированные геологи» (1999). Опираясь на архивные материалы, автор статьи более подробно рассказывает о жизни геолога.*

*Earlier published materials on geologist N.I. Berling, who had been working for the Special Geological Bureau on the Kola Peninsula in 1932-33, were as few as a short note in the book «Repressed geologists» (1999). On the basis of archive documents, the author gives a more detailed description of the geologist's life.*

Ранее опубликованные материалы о судьбе Н.И. Берлинга ограничивались короткой справкой в книге «Репрессированные геологи» (1999): «Берлинг Николай Иванович. 1882. Геолог, гидрогеолог. В 1910-20-е гг. – сотрудник Геолкома (зав. бюро учёта), составитель библиографических указателей. Автор двух книг серии «Обзор минеральных ресурсов СССР». В 20-е гг. – уч. секретарь Ин-та изучения «Поверхность и недра». Арестован примерно в 1929 г. В начале 30-х гг. (до 1933) – заключённый в особом геологическом бюро в Мурманске. Первая и единственная книга его после заключения вышла в 1947 г.» [6]. Благодаря найдённым архивным материалам появилась возможность более подробно рассказать о его жизни.

Н.И. Берлинг родился 13 (1) сентября 1882 г. в Санкт-Петербурге. Родители – статский советник, доктор медицины Иоанн Христиан Иосий Берлинг и Мария, урождённая Брандт

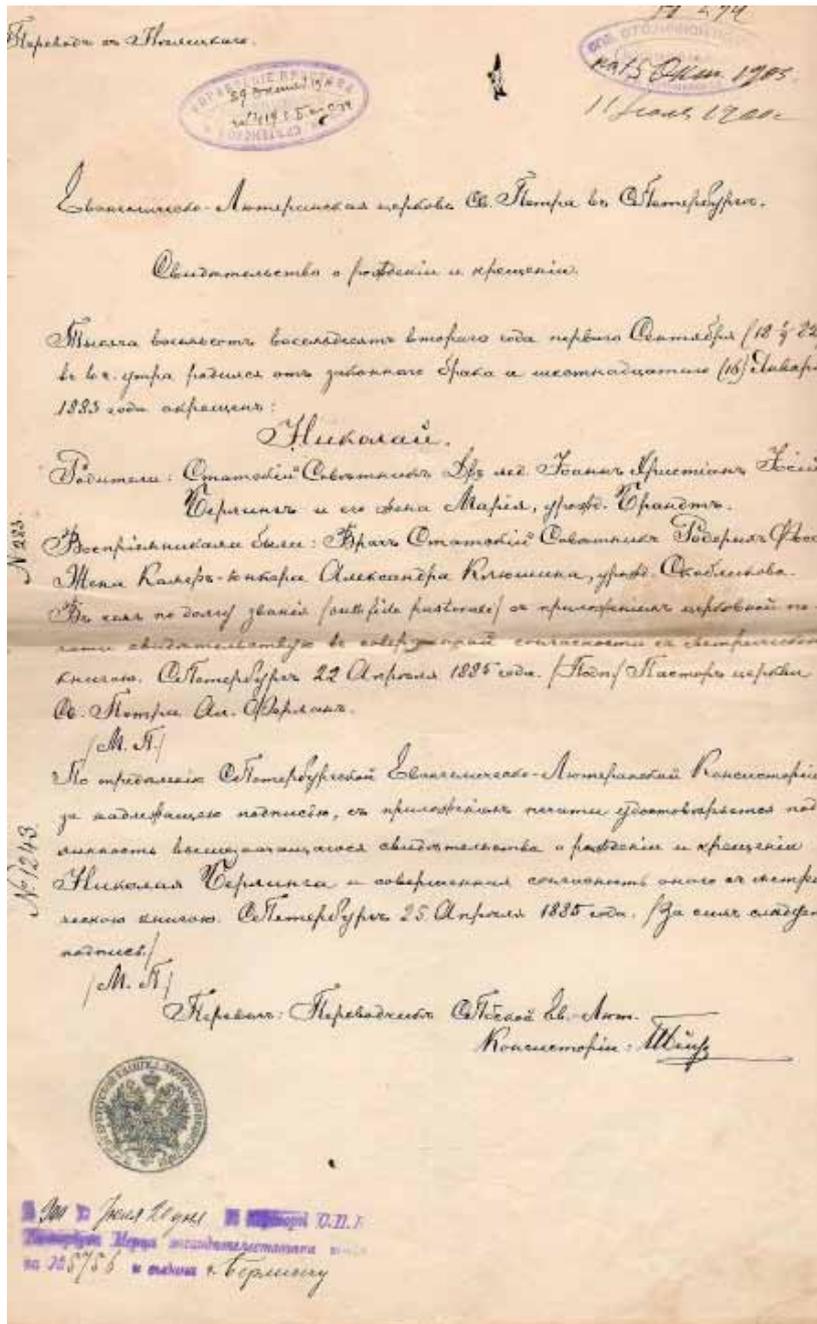


Рис. 1. Свидетельство о рождении и крещении Н.И. Берлинга.

осмотр нефтеносных площадей ушёл месяц. Тем не менее, Анерт и его помощники (в первую очередь, опытный геолог Н.И. Берлинг) успели выполнить большой объём работы. Кроме известных пяти месторождений, были открыты ещё пять – Катангли, Уйни, Малый Гаромай, Кадыланы и Эхаби» [7].

Работал коллектором в экспедициях Д.И. Мушкетова в Фергану в 1910 г., С.И. Чарноцкого и К.А. Прокопова в Бакинский нефтяной р-н в 1910-1911 гг. В 1911 г. проводил разведку Гагринских асфальтоносных пород (рис. 2).

Как писал в Н.И. Берлинг автобиографии, «в конце 1911 г. переехал в г. Москву, где с 1911 по 1914 г. служил в технической конторе и только эпизодически занимался микроскопическим изучением фауны буровых скважин Эмбинского р-на по поручению Геологического комитета». По возвращении в Петроград с 1914 по апрель 1918 г. состоял помощником учёного секретаря в Географическом и Минералогическом обществах [3] (рис. 3).

С 1917 по 1926 г. заведовал Бюро учёта минеральных ресурсов, в дальнейшем Учётно-Экономического отдела Геологического комитета. С 1919 по 1927 гг. – член Орг. комитета, стар-

(рис. 1). Из Справочника «Жители Санкт-Петербурга и его окрестностей за 1901 г.»: «Берлинг Ив. Карл. дсс. Мойка, 11, Тлф. 1628, Директ. Громовского приюта си. (сирот? – А.Ш.) Сергии; Чл. Сов. детск. приют. Практ. вр.» [1].

В 1900 г. с отличием окончил Главное немецкое училище Св. Петра (гимназию), более известное как «Петришуде». Принят в Горный институт императрицы Екатерины II, где состоял студентом с осени 1900 по осень 1911-12. В Горном институте прошёл три курса. Ещё гимназистом увлекался сбором и изучением палеонтологического материала и был удостоен благодарственного письма от Академии наук за переданные в 1889 г. коллекции. В 1904-1906 гг. работал коллектором в гидрологической партии Н.Ф. Погребова, занимавшейся изысканиями в связи с водоснабжением Санкт-Петербурга. Вероятно, с этого времени устанавливается тесная связь Н.И. Берлинга с Геолкомом. В 1907-1909 гг. проводил микроскопическое изучение остракод и фораминифер нефтеносных отложений Бакинского р-на. В 1907 г. участвовал в экспедиции Э.Э. Анерта на Сахалин в качестве коллектора [3]. Из «Истории Охи» В. Шищенко: «Экспедиция проработала на Сахалине полтора месяца. Непосредственно на

ший учёный специалист Гидрологического института. С 1920 по 1922 гг. – учёный секретарь, помощник директора Центрального географического музея. В 1926-1928 гг. – научный сотрудник и редактор «Обзора минеральных ресурсов» в учётно-экономическом отделе Геолкома. В 1928-1929 гг. – зав. учётно- и планово-экономических отделов Геолкома. С 1925 по 1929 г. состоял членом Н.Т.С. горнорудной промышленности в Ленинграде. С 1929 по 1930 г., после переезда в Москву, заведовал планово-экономическим отделом Института прикладной минералогии и планово-экономическим управлением Всесоюзного объединения «Минералруд». В 1929-1930 гг. – член Техсовета при «Цветметзолото» ВСНХ [3]. Участник совещания 5 октября 1929 г. в Комитете по химизации народного хозяйства СССР, на котором с докладами выступили акад. А.Е. Ферсман и М.П. Фивег. На совещании принят ряд организационных решений, адресованных НИУ и Механобру по скорейшему решению вопросов освоения Хибинских месторождений апатита. В 1930-1931 гг. – учёный экономист треста «Сахалиннефть» и председатель Комиссии по охране нефтяных промыслов на Охе.



Рис. 2. Н.И. Берлинг в молодости.

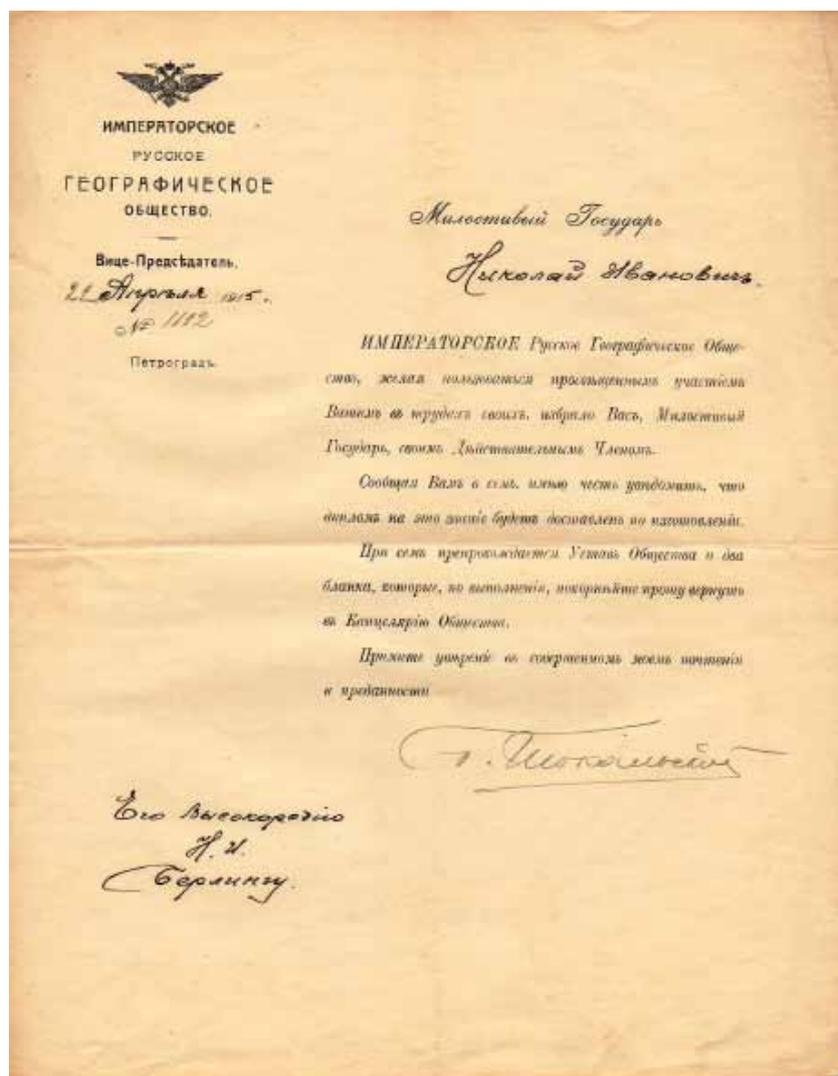


Рис. 3. Письмо Н.И. Берлингу о его избрании в члены Русского географического общества.

С весны 1932 г. участвовал в руководстве геолого-разведочными работами в части неметаллических ископаемых на Кольском п-ове. Принимал участие в I Заполярной геолого-разведочной конференции 21-27 ноября 1932 г. в Мурманске как представитель Геолбюро с докладом о геолого-разведочных работах по стройматериалам. В ОГБ состоял заместителем заведующего бюро В.К. Котульского [2, 8].

Н.И. Берлинг делал выписки из оперативных отчётов сотрудников других организаций о кианите и слюде Ловозёрского р-на (в Кейвах) и графите (7.10.1932). В обстоятельной докладной записке (9.10.1932) он обосновывает необходимость создания на Кольском п-ове научно-исследовательского института, который бы занимался полезными ископаемыми полуострова. После его открытия в Мурманске в начале 1933 г. появилась необходимость в создании организационной ячейки, в задачи

которой входила разработка положения об институте, рабочей программы на 1933 г., методов финансирования, обеспечение помещением, оборудованием и кадрами и вопросы оформления. Организационной ячейке предоставлялось право созыва совещаний с заинтересованными научными и хозяйственными организациями [2]. Такой ячейкой могло стать ОГБ при Мурманском ОГПУ.

В 1933-1935 гг. Н.И. Берлинг состоял инженером-консультантом Мурманского треста строительных материалов. С 1933 г. – научный сотрудник Мурманского филиала Географо-экономического института Ленинградского университета. 25-29 сентября 1935 г. в качестве представителя Мурманского филиала ГЭНИИ принимал участие в III Полярном совещании НИСа в Кировске. С мая 1935 по сентябрь 1936 г. – куратор сектора промышленно-экономических изысканий того же филиала. Во время войны работал на Урале, где «вновь возвращается к экономике минерального сырья, анализ которого в военной обстановке он даёт в целом ряде очерков для Комиссии по геолого-географическому обслуживанию Красной армии по инициативе А.Е. Ферсмана» [3] (рис. 4).



Рис. 4. Справка о снятии судимости 1941 г.

Список публикаций, составленный Н.И. Берлингом на 1.11.1943 г., включал около 70 наименований [3]. В письме 1948 г. четыре академика, четыре чл.-корр. и три д.г.-м.н. АН ёмко характеризуют Н.И. Берлинга председателю ВАК С.В. Кафтанову с просьбой присвоить ему «степень кандидата геолого-минералогических наук по совокупности работ без сдачи экзаменов и без защиты диссертации» [3].

«Последние годы своей жизни Николай Иванович занимался переводами и участвовал в составлении геологического справочника (умер 20 марта 1964 г.) (рис. 5). Он был необыкновенно интеллигентный, образованный и добрый человек. Свободно владел немецким, англий-

ским, французским, переводил с испанского и итальянского, возможно, также с других языков. Отлично играл на фортепьяно» [3].

Примечательна история поисков материалов о судьбе Н.И. Берлинга. В Санкт-Петербургском архиве РАН в фонде П.Н. Чирвинского удалось обнаружить несколько писем Н.И. Берлинга к П.Н. Чирвинскому. В одном из них (04.11.1955) он пишет: «Я довольно долго работаю, главным образом по составлению рефератов для Реферативного журнала А.Н., немного по рукописям в Инст. геол. наук и в Университете.

Но вся работа протекает дома. В прошлом году мне удалось в`ехать в жил.-кооп. дом сотрудников Инст. геол. наук, на Калужской, почти против Президиума Акад. Н. после нескольких лет платежей членских взносов. Имею здесь 2 комнаты, почти 1½, т.к. 2-я очень невелика.

Кругом масса знакомых (100 квартир, но не только геологов, а также географов).

После моих квартирных бедствий это, можно сказать, рай. Неполомки, обязательные в новостроенных домах, как будто кончаются. Восемью этажами выше меня, в верхнем этаже (я в нижнем) точно надо мной живёт дочь Ирины Дмитриевны Борнеман, которую Вы, вероятно, знали девочкой на Хибиногорской базе А. Н. <...> Бабушка, т.е. Ирина Дмитриевна, очень много возится со своим внуком, несмотря на занятость в Лабор., которой она заведует» [5].

Е.Б. Халезова, дочь И.Д. Борнеман-Старынкевич, по этому письму разыскала внучку Н.И. Берлинга, Марину, которая предоставила для исследования и публикации документы из архива деда. С её помощью удалось связаться с Н.А. Курганским, внуком Н.И. Берлинга.

«К сожалению, найти фотографии моего деда, Н.И. Берлинга, относящиеся ко времени



Рис. 5. Н.И. Берлинг на даче в Малаховке, 1963 г.

его работы на Кольском п-ове, мне не удалось. Вообще, об этом периоде его жизни, как, впрочем, и о других периодах, мне в основном стало известно из публикаций в Интернете, «Репрессированных геологах» и т.п., а также непосредственно от Вас. Никто из моих близких, включая самого Н.И. Берлинга, а также мою мать, А.Н. Берлинг, мне никогда ничего об этом не рассказывал. По некоторым данным, Н.И. Берлинг переехал в Москву в 1930 г., в том же году отправился работать (в экспедицию?) на Сахалин, где и был арестован органами НКВД то ли в 1931 г., то ли в конце 1930 г., доставлен в Ленинград и 19 января 1932 г. приговорён там же Коллегией ОГПУ к 5-ти годам лишения свободы по статье 58-7 («вредительство»). Что касается предков и ближайших родственников моего деда, то вкратце могу сообщить следующее. Его дед (мой прапрадед), Иоганн Карл Якоб Бёрлинг (Börling), по-видимому, был лютеранским священником (пастором), т.к. в 1840 г. окончил теологический ф-т Дерптского ун-та с правом служения (богослужения?) в России. Его отец (мой прадед), Иоганн Христиан Джошуа (Иван Карлович) Бёрлинг (1840-1913), был известным петербургским педиатром, доктором медицины, действительным статским советником, одним из основателей первого в России Общества детских врачей; занимал различные должности в системе детских благотворительных учреждений. Его брат, Роберт Иванович Берлинг (1874-1914?), был военным моряком, служил на крейсере «Варяг» ст. минным офицером; отличился в знаменитом морском сражении при Чемульпо (1904), за что был награждён Орденом Св. Георгия. Вышел в отставку в 1914 г. в чине капитана 1-го (по другим данным - 2-го) ранга» [4].

В публикации использованы фотодокументы из личного архива М. Петровой. Автор выражает благодарность потомкам Н.И. Берлинга за предоставленные документы и воспоминания.

#### Список литературы

1. Алфавитный указатель жителей города С.-Петербурга, Кронштадта, Павловска, Гатчины, Царского Села и Петергофа за 1901 г. Режим доступа: <http://www.familyspace.ru/>.
2. Материалы ГОУ ГАМО. Ф. 179. Оп. 1. Д. 205, д. 203.
3. Материалы личного архива М. Петровой.
4. Материалы личного архива А.К. Шпаченко. Переписка с Н.А. Курганским.
5. Материалы СПб. филиала АРАН. Ф. 894. Оп. 2. Письма Н.И. Берлинга П.Н. Чирвинскому.
6. Репрессированные геологи // Гл. ред. В.П. Орлов, отв. ред. Л.П. Беляков, Е.М. Заблоцкий. 3-е изд. М.-СПб.: МПР РФ, ВСЕГЕИ, ГосГео, 1999. 452 с.
7. Шищенко В. История Охи. Режим доступа: <http://www.okhacity.ru/library.php?action=1&sub=2&gid=18>.
8. Шпаченко А.К. Особое геологическое бюро при Мурманском окр. отделе ОГПУ, 1932-1933 гг. // Геология и минерагения Кольского региона. Тр. Всерос. (с межд. уч.) науч. конф. и IV Ферсмановской науч. сессии, посв. 90-летию со дня рожд. акад. А.В. Сидоренко и д.г.-м.н. И.В. Белькова. Апатиты, 4-6 июня 2007. Апатиты: изд-во К & М, 2007. С. 56-62.

## История Почётного отзыва и медали РМО им. А.И. Антипова

Шпаченко А.К., Войтеховский Ю.Л.

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

## The history of A.I. Antipov's Honorary Testimonial and Medal of the Russian Mineralogical Society

Shpachenko A.K., Voytekhovsky Yu.L.

*В статье представлены архивные материалы, восстанавливающие историю учреждения почётного отзыва и медали им. А.И. Антипова за вклад в различные области геологии.*

*The article presents archive materials reconstructing the history of establishing A.I. Antipov's Honorary Testimonial and Medal for contribution in various spheres of geology.*

История золотой медали и премии Императорского Российского минералогического общества им. А.И. Антипова складывается из истории почётного отзыва и истории самой медали. В 1924 г. Общество возобновило премирование выдающихся работ начинающих учёных в области геолого-минералогических наук. Из протокола собрания 1924 г.: «§12. Секретарь возбудил вопрос о возобновлении премирования Обществом наиболее выдающихся работ начинающих учёных в области геологии, минералогии и палеонтологии, воспользовавшись для этого теми правилами, которые были установлены для выдачи «Антиповской» медали. Конечно, в настоящее время Общество не может выдавать ни медалей, ни денежных сумм, но даже авторитетное суждение и своего рода похвальный отзыв такого уважаемого и старого Общества, как наше, может, по мнению секретаря, дать известное удовлетворение молодому учёному, поддержать его в стремлениях и побудить к дальнейшей усердной работе» [8].

В 1925 г. вновь поднят вопрос об уместности именовании почётных наград медалями (медаль им. А.И. Антипова), когда «фактически никаких медалей выдавать невозможно». Поступило предложение называть награду почётным отзывом. Но большинство членов Общества решило, что медали упразднены не окончательно и нашло «желательным сохранить в наименовании почётных наград Общества имена тех деятелей, на средства которых были установлены медали» [11, 12].

Первый после гражданской войны почётный отзыв им. А.И. Антипова присуждён 16 марта 1925 г. участникам Хибинской экспедиции под руководством А.Е. Ферсмана. Постановлено направить каждому члену группы за исключением А.Е. Ферсмана, заслуги которого общепризнанны, почётный отзыв, заменяющий медаль им. Антипова. Этой награды удостоены Э.М. Бонштедт, Н.Н. Гуткова, Е.Е. Костылёва, В.И. Крыжановский, Б.М. Куплетский, А.Н. Лабунцов и Г.П. Черник [9, 11]. По словам дочери А.Н. Лабунцова и Е.Е. Костылёвой-Лабунцовой, в её архиве почётных отзывов им. Антипова нет – не сохранились. Судьба почётных отзывов, присуждённых В.И. Крыжановскому и Г.П. Чернику, не известна.

В архиве Центра гуманитарных проблем Баренц-региона КНЦ РАН (г. Апатиты) одним из авторов (А.К. Шпаченко) обнаружены почётные отзывы РМО им. И.А. Антипова – Э.М. Бонштедт-Куплетской за № 828 и Б.М. Куплетскому за № 832 (рис. 1), подписанные директором Общества акад. А.П. Карпинским.

В 1926 г. почётный отзыв по геологии присуждался комиссией Общества С.А. Яковлеву за работу «Наносы и рельеф г. Ленинграда и его окрестностей», опубликованную в Известиях научно-мелиорационного института в 1925-1926 г. В 1928 г. медаль (почётным со второй истории войсасамородных рихи к послужному списку А.тный отзыв) по палеонтологии присуждён Л.С. Либровичу за монографию «Uralonema Karpinskii n. gen et sp. и другие кремневые губки из каменноугольных отложений восточного склона Урала». В 1930 г., вопреки планам, по кристаллографии, минералогии и петрографии медаль не присуждалась, поскольку комиссия не представила кандидатов. По данным К.Г. Стафеева, последний раз почётная награда им. А.И. Антипова по геологии упоминается в протоколах Минералогического общества в 1931 г. [13] В 1936 г. почётный отзыв присуждён Д.П. Григорьеву за работы по изучению и искусственному получению магнезиально-железистых слюд. В 1937 г. – Д.С. Коржинскому за петрологические исследования кристаллических сланцев докембрия Восточной Сибири и др. Но это был не почётный отзыв, заменяющий золотую медаль им. А.И. Антипова, а почётный отзыв Минералогического общества. За несколько лет в стране многое изменилось [12].

П.Д. Антипова, жена горного инженера, тайного советника А.И. Антипова, после его кончины учредила медаль Российского минералогического общества в память о муже. Из материалов К.Г. Стафеева: «В 1907 г. в распоряжении Общества появилась ещё одна наградная медаль. На

собрании 17 апреля 1907 г. директор Минералогического общества акад. А.П. Карпинский доложил членам Общества текст письма, которым он благодарил Прасковью Дмитриевну Антипову за предложение учредить при Обществе премию в виде золотой медали имени горного инженера тайного советника А.И. Антипова. Он был многолетним членом Минералогического общества и был известен работами по Южному Уралу совместно с Меглицким, а также исследованиями в Печорском крае. Он опубликовал в записках Минералогического общества статью о меловой формации Южного Урала с приложением геологической карты. В 1889 г. он преподнёс в дар Минералогическому обществу составленную им совместно с Васильевым и Желтоножкиным «Пластовую карту каменноугольной почвы области Войска Донского». Его супруга, желая оставить в среде Общества память о своём муже, в то время тяжело больном, пожертвовала Обществу как вечный вклад капитал в 2500 руб., на проценты с которого каждые 2 года должна была выдаваться медаль. Кроме того, П.Д. Антипова приняла на себя расходы по изготовлению штампа медали и выделила на эти цели 400 руб.»

На заседании 17 апреля 1907 г. утверждено положение о медали. «При Императорском Минералогическом обществе учреждается золотая медаль имени члена Общества горного инженера тайного советника Алексея Ивановича Антипова, выдаваемая в виде премии за сочинения

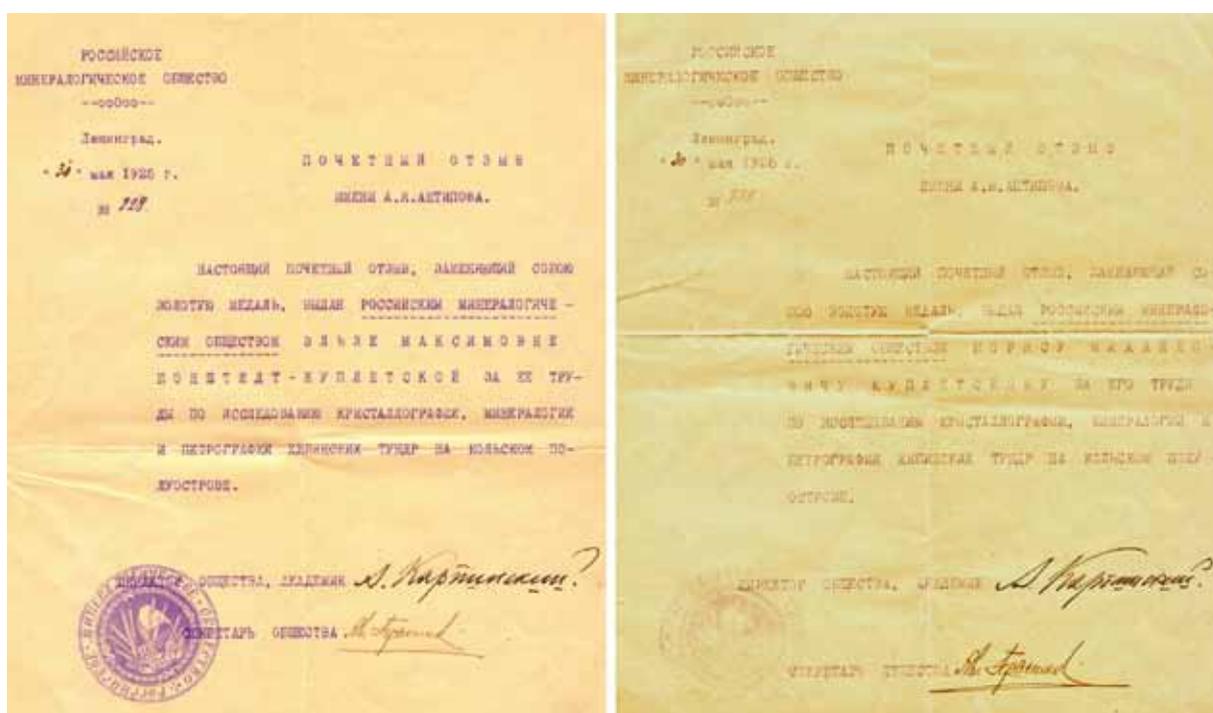


Рис. 1. Почётные отзывы им. А.И. Антипова РМО [7].

на русском языке по минералогии, геологии и палеонтологии. Медаль им. А.И. Антипова изготавливается на проценты с капитала 2500 рублей, пожертвованного обществу супругой тайного советника Антипова Прасковьей Дмитриевной Антиповой. Медаль присуждается через каждые два года. Медаль им. А.И. Антипова имеет преимущественно поощрительное значение и присуждается русским учёным за самостоятельные исследования по упомянутым наукам, опубликованным не больше как за три года до конкурса. Медаль присуждается комиссией, избираемой в одном из весенних заседаний конкурсного года. Комиссия представляет свои заключения о достоинствах премируемого сочинения к 1 ноября. Доклад комиссии сообщается членам Общества в ноябрьском его заседании. Окончательное же присуждение премии производится закрытой баллотировкой в декабрьском заседании. Отчёт о присуждении премии докладывается в годовом заседании общества. Не присуждённая премия сохраняется при капитале имени А.И. Антипова на случай могущих быть передержек на изготовление медали, или, в случае особого постановления Общества, переносится на следующий срок для присуждения одновременно двух премий по различным из упомянутых отраслей наук. Во всех случаях, не указанных в настоящем положении, Общество руководствуется правилами, утверждёнными 16 апреля 1865 г. в положении о премии Императорского Минералогического общества».

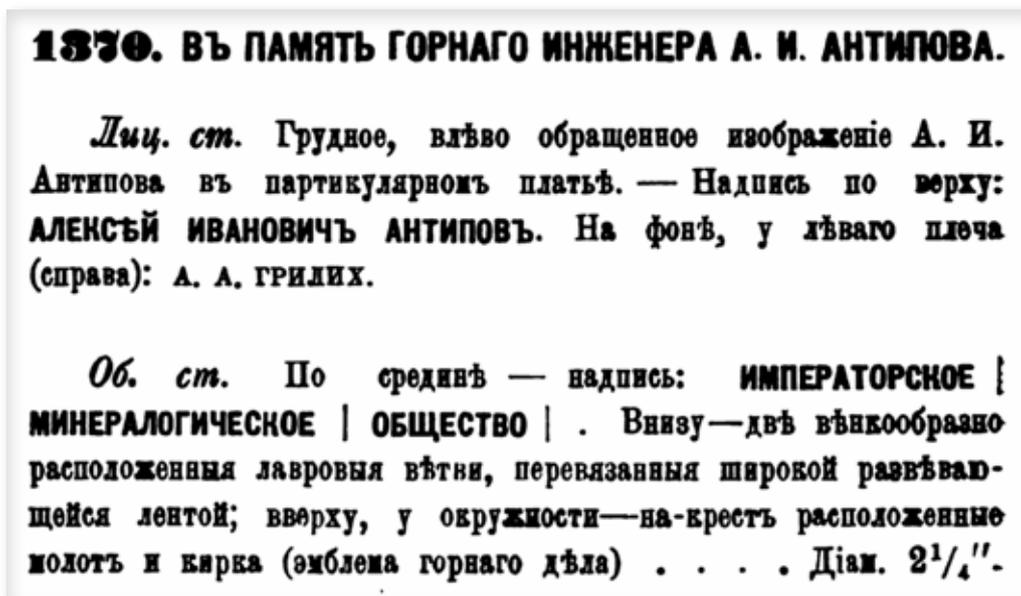


Рис. 2. Описание медали им. А.И. Антипова в «Описании Русских медалей...» В.П. Смирнова [10].

18 декабря 1907 г. рисунок медали утверждён. На Монетном дворе начали изготавливать штамп. В октябре 1908 г. он был готов, и первый оттиск медали направлен П.Д. Антиповой (рис. 2). Первое присуждение медали намечалось на 1909 г. 22 декабря 1909 г. комиссия в составе А.П. Карпинского, В.В. Никитина и В.И. Вернадского единогласно присудила золотую медаль Антипова А.Е. Ферсману за цикл работ по минералогии Крыма, о. Эльба и цеолитам России. В 1911 г. комиссия (К.И. Богданович, А.П. Герасимов, Я.С. Эдельштейн) присудила медаль П.И. Степанову за цикл работ по Донбассу и оз. Балхаш. В 1913 г. за работу по палеонтологии «Верхнедевонские аммоны восточного склона Южного Урала» медаль присуждена Э.Я. Пэрна. В 1915 г. – проф. Варшавского университета Д.Н. Артемьеву за цикл работ по кристаллографии. Позже медаль не присуждалась. После окончания гражданской войны в 1925 г. вместо неё стал присуждаться почётный отзыв им. А.И. Антипова [13].

Диаметр медали – 56 мм. Приблизительная стоимость изготовления такой медалей на Санкт-Петербургском Монетном дворе в 1908 г. составляла 159 руб. – золотая, 7.6 руб. – серебряная, 1.2 руб. – бронзовая [10].

С 1909 по 1915 гг. присуждено четыре медали им. А.И. Антипова. Первая передана П.Д. Антиповой. Как отметил известный минералог и нумизмат П.М. Карташов, «вряд ли она сохранилась, ведь золотая была». Но благодаря С.Н. Купрюшкину удалось установить её изображение (рис. 3) по многотомному справочнику М.Е. Дьякова [2], где отмечено, что медаль Антипова изготавливалась в золоте, серебре и бронзе. По словам И.Н. Кулешовой, серебряная медаль им. А.И. Антипова есть в коллекции Государственного Эрмитажа. О медалях другого достоинства ничего не известно.

О семье Антиповых из материалов Е.М. Заблоцкого известно, что И.И. Антипов был «в горной службе на Урале», его сыновья Александр и Алексей закончили Институт корпуса горных инженеров в Санкт-Петербурге.

Старший сын – Александр (1824–1887) – закончил ИКГИ в 1846 г., определён в службу в Луганский завод, направлен к полковнику Гурьеву для содействия при добыче керченских железных руд (1846). Позднее для проведения геологических исследований на Кубани прикомандирован к отряду наказного атамана генерала Рашиля, проводившего операции против горцев (1848). В 1850–1852 гг. исследовал месторождения угля на побережье Аральского моря, на Мангышлаке, в Мугоджарах и северной части Усть-Урта. С 1853 г. находился в распоряжении Оренбургского и Самарского генерал-губернатора для горных изысканий, изучал территорию земель Оренбургского казачьего войска (1853) и месторождения угля в Киргизской степи (1855–1856). За открытие крупного месторождения бурого угля награждён орденом Св. Владимира 4-й степени (1857). В 1858–1859 гг. исследовал месторождения золота в Верхнеуральском р-не (Петропавловские и Телевские промыслы). В 1860 г. командирован в комиссию генералом Гернгросом в Илецкую защиту для установления контроля за добычей и продажей соли и обследования частных

горных з-дов Оренбургского края. В 1861 – и.д. заведующего Главной физической обсерваторией при Горном корпусе. В 1862 г. назначен на должность члена Пермского губернского присутствия по крестьянским делам от горного ведомства. С 1865 г. – чиновник особых поручений МФ, занимался ликвидационными делами Горного департамента Царства Польского (1867-1870), член Совета Министерства финансов (1870), тайный советник.



Рис. 3. Медаль им. Антипова [2].

Младший сын – Алексей (1833-1899) – после окончания ИКГИ с золотой медалью (1853) определён в Пермские заводы (1853). В 1854 г. командирован для горно-геологических исследований на Южный Урал. Совместно с Н.Г. Меглицким опубликовал «Геологическое описание Южной части Уральского хребта» (1858), удостоенное Демидовской премии. В 1858 г. возглавлял экспедицию в Архангельскую губ. в Печорский край. Инспектор каменноугольных разработок

в Земле войска Донского (1863), тайный советник, член Горного совета и Горного учёного комитета. В отставке с 1889 г. Жена – Прасковья Дмитриевна (отец – надворный советник Куприянов) [4, 5].

Из материалов костромского краеведа Е.В. Сапрыгиной: «Антипов Алексей Иванович (тайн. сов.). Почётный опекун Московского Присутствия Опекунского совета учреждений Императрицы Марии. В службе с 1853 июня 12; 4 кл. 1876 янв. 23; 3 кл. 1885 апр. 12. Был в отставке с 19 дек. 1888 по 29 июня 1895 г. Пенсия 1715 р. 52 к. Имение. Его родов. 21000 дес. зем. в Костр. губ. Приобр. 400 дес. земли в той же губ. и дома в Костроме и Москве. Станислав 1 ст. (1883); Анна 1 ст. (1888); Владимир 2 ст. 1896; Высочайшая благодарность, 1897. Имеет медали: в память войны 1853-56 гг., в память царствования Императора Николая 1, и Александра, и Коронационная, 1896» [6].

Известен Иван Александрович Антипов (1858-1911), который работал на Алтае (1880-1887), управлял Сузунским заводом, по ГГУ с откомандированием на серебро-свинцовые и каменноугольные месторождения фон-Дервиза в Семиреченской обл. в распоряжение арендаторов казённых цинковых заводов, галмейных рудников и каменноугольных копей бывшего Западного горного округа в Царстве Польском, зав. хим. лаб. Геолкома (1897), статский советник (1900). Преподавал в Санкт-Петербургском технологическом институте [4, 5]. В архиве В.И. Вернадского есть его письмо 1908 г., из которого следует, что он передал В.И. Вернадскому свою рукопись с описанием и анализами радиоактивных и самородных минералов из мест. Туя-Муюн. Вероятно, И.А. Антипов одним из первых в России начал изучение радиоактивных минералов.

А.И. Антипов служил горным инженером, тайным советником. Из некролога (личный архив И.Н. Кулешовой): «19 марта (ошибка или опечатка – И. Кулешова) в 12 часов ночи после продолжительной и тяжкой болезни скончался в Ярославле живший здесь с 1904 г. Алексей Иванович Антипов, в своё время заявивший себя выдающимися научными работами и практической деятельностью, проникнутою лучшими стремлениями. А.И. Антипов родился в 1833 г. Отец его был военным с боевым прошлым; мать – урождённая Чайковская, тётка известного композитора. Он окончил Горный институт и сразу же отдался геогностическим и геологическим исследованиям, которые производил на Урале, в Печёрском крае, в области Войска Донского. Покойному принадлежат по этому предмету труды, которые имели в своё время большое значение и получали соответствующую оценку. Одно из сочинений, составлявшее совместный труд его с Н.Г. Меглицким «Геогностическое описание южной части Уральского хребта», удостоено было Академией наук Демидовской премии. В то же время ввиду глубоких познаний по горной части А.И., состоявший всё время на государственной службе, получал такие поручения, с честью им выполнявшиеся, как составление проекта горного законодательства для области Войска Донского или проекта реформ для управления Алтайскими и Нерчинскими заводами. Как практический деятель А.И., в бытность управляющим горнозаводскою частью области Войска Донского, организовал там горное управление, музей, лабораторию, горное поселение рабочих на Грушёвке с правами горного города и проч.

С 1885 г. А.И. Антипов в чине тайного советника состоял членом горного совета и горного учёного комитета. В 1888 г. вследствие болезни жены и собственного переутомления А.И. переехал в Кострому и стал принимать деятельное участие в качестве помощника душеприказчиков в организации промышленных училищ им. В.Ф. Чижова. В 1894 г. он был назначен почётным опекуном московского присутствия ведомства учреждений императрицы Марии и заведовал московским родовспомогательным заведением и учебной частью Екатерининского и Александровского институтов, а затем перешёл на службу в Петербург, в С.-Петербургское присутствие этого ведомства, вскоре оставив её вследствие душевного недуга, который его постиг. Покойный отличался громадной энергией, трудоспособностью и высокими душевными качествами. В каждое дело, за которое брался, он вкладывал всю свою душу и боролся за него, не считаясь с своими личными интересами. Он был чрезвычайно добр, незлобив и благожелателен к людям. Мир праху его! Да будет легка ему земля!» [1]

Из биографии И.А. Ефремова известно, что 5 марта 1916 г. в Петрограде, на Морской, открылась выставка известного художника и ювелира, собирателя самоцветных сокровищ Урала А.К. Денисова-Уральского. И.А. Ефремов там побывал и отразил это в романе «Лезвие бритвы». Из разговора горного инженера, статского советника Э.Э. Анерта с горным инженером М.Ф. Иверневым: «Слышал я от Александра Павловича, что вам Минералогическое общество за отчёт о туркестанских исследованиях прочит медаль им. инженера Антипова. Наверное, и денежная премия последует» [3]. Из этого следует, что медаль Антипова для геологов России была хорошо известна.

За помощь в подготовке статьи авторы выражают благодарность О.В. Шабалиной, И.Н. Кулешову, С.Н. Купрюшкину и П.М. Карташову.

#### Список литературы

1. Алексей Иванович Антипов. Некролог // Голос. № 213 от 22 сентября 1913 г. Ярославль.
2. Дьяков М.Е. Каталог настольных медалей Российской империи 1894-1917 г. М. 2007. Ч. VII. 431 с.
3. Ефремов И.А. Лезвие бритвы. Режим доступа: [antstar.narod.ru/.../nf/efremov/sharp/prol.htm](http://antstar.narod.ru/.../nf/efremov/sharp/prol.htm).
4. Заблоцкий Е.М. Личный состав ведомства Московского правления, Луганского завода, горных округов Европейской России, Кавказа и Царства Польского. Классные чины. Режим доступа: <http://rusmin.narod.ru/bioERus01.html>.
5. Заблоцкий Е.М. Личный состав Уральских горных заводов. Классные чины. Режим доступа: <http://rusmin.narod.ru/bioUral01.html>.
6. Личный архив И.Н. Кулешовой.
7. Почётные отзывы РМО Э.М. Бонштедт-Куплетской и Б.М. Куплетскому. Архив ЦПП КНЦ РАН. ОФ. 428, ОФ. 426.
8. Протокол собрания РМО // Зап. РМО. 1924. Ч. 53. Вып. 1. С. 244.
9. Протокол собрания РМО // Зап. РМО. 1926. Ч. 55. Вып. 1. С. 202.
10. Смирнов В.П. Описание русских медалей. С.Пб.: изд-во СПб. Монетного двора, 1908.
11. Соловьёв С.П., Доливо-Добровольский В.В. История Всесоюзного Минералогического общества. СПб.: Наука, 1992. 334 с.
12. Соловьёв С.П. Всесоюзное Минералогическое общество и его роль в развитии геологических наук. Л.: Наука, 1967. 232 с.
13. Стафеев К.Г. Вещественные свидетельства горно-геологической истории России: медали, нагрудные знаки, жетоны. Посв. 300-летию юбилею Российского Горного ведомства // Ред. Б.А. Яцкевич. М.: ИТАР-ТАСС, 2000. 159 с. Режим доступа: <http://old.priroda.ru/index.php?8+&t=rus>.

**А.Е. Ферсман и Карелия**

Шипцов В.В.

Институт геологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, shchipts@krc.karelia.ru

**A.E. Fersman and Karelia**

Shchiptsov V.V.

*Яркий представитель российской науки первой половины XX в., сподвижник и друг основателя геохимии акад. В.И. Вернадского, организатор науки, государственный и общественный деятель акад. А.Е. Ферсман внёс весомый вклад в изучение и освоение недр Карелии. Первые шаги предприняты в условиях послевоенной экономической разрухи, когда после освобождения Севера от интервентов встал вопрос о его развитии.*

*Acad. A.E. Fersman, a brilliant Russian scientist of the early 20<sup>th</sup> century, associate and friend of the geochemistry of Acad. V.I. Vernadsky, science organizer, statesman and public man, has greatly contributed to the study and development of Karelia's mineral resources. It dawned in the postwar economical collapse, when invaders-free Russian North was to be developed on.*

Изучение карельских недр не было приоритетной задачей акад. А.Е. Ферсмана. В его глазах проблемы геологии, геохимии и минералогии Карело-Мурманского края, как он называл северные места, были неразделимы в рамках русской части Фенноскандинавского щита. Получив выдающиеся результаты в области поисковой геологии Хибин и Мончи, Ферсман был очарован первозданной красотой этих мест. Но будет несправедливо считать, что карельский край остался им не оценённым. Об этом свидетельствует ряд публикаций [1, 2, 3].

А.Е. Ферсман оказал значительное влияние на развитие геологических исследований и создание горной промышленности в Карелии. Первая мировая война и революции привели к экономической разрухе и необходимости срочного восстановления народного хозяйства. Электрификация требовала большого количества электротехнических материалов, в т.ч. природной слюды (мусковиты). Под руководством акад. А.Е. Ферсмана создана Комиссия по изучению естественных производственных сил России (КЕПС). В 1919 г. ею опубликована сводка И.И. Гинзбурга по слюде, где были показаны важнейшие места старой слюдодобычи в Карелии и даны рекомендации по её возобновлению. В мае 1920 г. президент АН А.П. Карпинский, руководитель Комиссии сырья КЕПСа А.Е. Ферсман и ст. геолог Геолкома А.П. Герасимов совершили поездку в Карелию и на Кольский п-ов. Это был первый шаг к освоению Хибин и Мончи, изучению пегматитов Беломорья как источников кварц-полевошпатового сырья, мусковита и других полезных ископаемых в р-не Мурманской ж.-д.

Ещё студентом Московского госуниверситета (1904-1907) А.Е. Ферсман увлёкся геохимией, во многом благодаря выдающемуся учёному В.И. Вернадскому. А.Е. Ферсмана с ним связала сорокалетняя дружба, построенная на общности интересов и взаимном уважении. В 1922 г. в свет выходит книга А.Е. Ферсмана «Геохимия России» [4]. В главе «Региональная геохимия» в разделе «Восточная часть Фенноскандинавского щита» он многократно обращается к объектам Карелии. По своему географическому и геологическому характеру они разделены на две части: Карелию, или Поморье с островами Онежской губы, и Олонию – части Олонецкой губернии. А.Е. Ферсман подчёркивал, «что при отсутствии систематических исследований наших архейских областей мои сопоставления местами приобретают весьма гадательный и смелый характер» [5, С. 76]<sup>1</sup>. Рассматривая кристаллические сланцы и гнейсы русской части Фенноскандинавского щита, он снова предупреждает о некатегоричности заключений: «должен, однако, отметить, что такая классификация носит характер рабочей гипотезы» [5, С. 78]. А.Е. Ферсман отмечает, что диориты и диабазы Олонии относятся к относительно молодым образованиям, хорошо изученным русскими и финскими геологами. «Более развиты карбонатные породы в Олонии, где, по мнению некоторых русских геологов, их можно отнести к верхнему девону или к нижнему карбону, тогда финляндская школа их определённо связывает с ятульскими отложениями. Во всяком

<sup>1</sup> Здесь и далее цит. по: А.Е. Ферсман. Избранные труды. 1952-1962. В 7 т.

случае, их крайняя метаморфизация, обогащение доломитом, кварцем, а иногда и силикатами (флогопитом, полевыми шпатами) заставляет видеть в них осадки не моложе тех зеленокаменных интрузий, которые сыграли значительную роль в геохимической истории Олонии, и тех тектонических процессов, кои метаморфизовали породы Фенноскандии в доиотнийское время. Часть этих пород, благодаря своеобразной комбинации обломков силиката, кварца и доломита, была выделена как самостоятельный вид породы и названа Шмидтом кривозеритом» [5, С. 79]. В то время А.Е. Ферсман не мог считать, что минералогия Карелии систематизирована. Наиболее изученной с минералогической точки зрения он считал юго-восточную русскую часть Фенноскандинавского щита – Повенецкий уезд, отдавая в этом должное А.А. Иностранцеву. Среди известных карельских минералов А.Е. Ферсман отмечал большую группу сернистых соединений (пирит, пирротин, халькопирит, борнит, ковеллин, галенит, сфалерит, арсенопирит, халькозин) и различных оксидов. Он особо выделял красивые иглы гётита в аметистах Волк-острова – онегиты, чёрные аспидные сланцы местами с яшмообразным лиддитом и разнообразные выцветы углекислых медных солей, особенно редкого прожилкового минерала стронцианокальцита в шунгите, и большие скопления щёток барита на о. Оленьем Онежского озера. Как отмечает А.Е. Ферсман, «в скоплениях более значительных мы должны отметить актинолит, альмандин, образующий целые россыпи, гранат типа андрадита – гроссуляра, эпидот, скаполит, тальк, лабрадор или близкие к нему плагиоклазы и красивый синий кианит (в Кемском и Сорокском р-нах) и, наконец, самыми интересными минералами являются аксинит, встречающийся наравне с лучистым эпидотом вместе с медными рудами Олонии, и очень редкий апофиллит – спутник аметиста и флюорита» [5, С. 81]. Zn сопровождает Cu в жилах с аксинитом и роговой обманкой в Петрозаводском уезде. В этом же издании упоминаются шунгит как крайний член углеродистых соединений и чёрные сланцы, или чёрная земля того же уезда. А.Е. Ферсман хорошо понимал уникальность шунгитовых пород и считал, что «с генетической и химической точек зрения [они] ещё нуждающихся в исследовании».

Он подчёркивает сходство минералов г. Корабль и Волк-острова на Онежском озере. Без внимания не остаются песчанистые осадки в южных частях Онежского и Ладожского озёр, обогащённые Fe и Mn. «Среди всех анализов осадков особенно интересен анализ глубоководного ила Онежского озера с глубины 85 м, в котором обнаружено  $TiO_2$  – 1.06 % и BaO – 0.1 %, а в марганцевых стяжениях того же озера BaO – 0.2 %» [5, С. 93]. Он заметил, что марциальные железистые воды содержат ничтожно малое количество хлора и, как и другие источники южной части Олонии, богаты NaCl. Сегодня это особенно важно в связи с открытием крупных залежей ангидритов и галитов на глубине более 2.5 км в местечке Новинка Кондопожского р-на.

В 1922 г. акад. В.И. Вернадский организовал Радиевый институт, директором которого стал А.Е. Ферсман. С 1914 г. он изучал радиоактивные минералы, в 1912-1922 гг. – копи драгоценных камней-самоцветов на Урале, в 1925 г. – пегматиты Беломорья. Результаты многолетних исследований пегматитов изложены в одноимённой классической монографии (1931). Во втором, исправленном и дополненном издании «Пегматиты. Т. 1. Гранитные пегматиты» (1932) описаны пегматиты Северной Карелии (минералогия, геохимия) [6, 7].

А.Е. Ферсман разработал теорию образования пегматитов, согласно которой при остывании гранитной магмы происходит последовательная кристаллизация. Она приводит к образованию гранита и накоплению остаточного расплава-раствора, из которого формируется пегматит в 5 этапов и 11 геофаз в интервале 800 °-850 ° [7]. Главное в теории А.Е. Ферсмана – идея геохимической эволюции.

Яркие воспоминания А.Е. Ферсмана связаны с посещением в 1925 г. труднодоступных мест северной Карелии – старых копи Синяя Пала. Здесь в тёмных амфиболитах он увидел белоснежную пегматитовую жилу, заипнотизировавшую его: белый с синеватым оттенком минерал, чуть просвечивающий и ровный, от удара молотка раскалывался так, что на его гранях происходила таинственная игра света, напоминающая лунный свет. А.Е. Ферсман так описывал свои впечатления: «неожиданно увидел я свой камень. Нет, не камень, а Белое море с тем же синевато-зелёным отливом, сливавшимся с таким же синеватым горизонтом такого же серого, туманного, но искристого неба. Заходящие лучи солнца иногда поднимали из глубин какие-то красноватые огоньки; синева леса была подёрнута всё той же полярной дымкой, без которой нет нашего Севера и его красот. Белое море отливало цветами лунного камня... или камень отражал бледно-синие глуби-

ны Белого моря?..» Этому минералу он дал название беломорит и посвятил следующие прекрасные строки: «Там, где Белое море своими белыми тонами сливается со светлым, бескрасочным небом, там, где вся природа проникнута белыми ночами Севера, – там родился беломорит, этот лунно-загадочный мерцающий камень... Он был белый, едва синеватый.., едва просвечивающийся, едва прозрачный, но чистый и ровный, как хорошо выглаженная скатерть...» [8]. Учёный отвёз беломорит на Петергофскую гранильную фабрику как новый поделочный камень.

А.Е. Ферсман чувствовал красоту карельского камня. Он особенно любил тивдийский мрамор. По его словам, трудно представить что-либо прекраснее знаменитого розового зала Русского музея в Ленинграде: «розовый мрамор сиял своей вечной неизменной красотой, для которой нет ни слов поэта, ни кисти художника... Наш Север раскрывает все новые и новые месторождения декоративных и строительных материалов» [8]. При сооружении Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге архитектор О. Монферран использовал столько видов природного камня, в основном, из Олонецкой губернии, что акад. А.Е. Ферсман назвал храм «музеем облицовочного и цветного камня».

21 сентября 1929 г. СНК КАССР издал постановление «Об организации Карельского научно-исследовательского (комплексного) института (КНИИ)», положившее начало научным исследованиям в Карелии. Первым директором Института стал глава Карельского правительства Э.А. Гюллинг, его заместителем – молодой выпускник Ленинградского университета С.М. Макарьев. В Президиум КНИИ вошли крупнейшие учёные: Н.Я. Марр, И.И. Мешанинов, Д.И. Соколов, А.Е. Ферсман, А.Я. Брюсов, Д.В. Бубрих, В.И. Равдоникас и др. [9]. Документов сохранилось мало, но известно, что в 1932 г. на I сессии КНИИ в г. Петрозаводске акад. А.Е. Ферсман приветствовал участников от имени только что открытой в Хибинах горной станции «Тиетта». Ограниченность материалов того периода может быть следствием событий 13 сентября 1935 г., когда С.А. Макарьева исключили из ВКП(б) за засорение КНИИ заведомо чуждыми элементами и расстановку их на ответственных научных и хозяйственных участках, отсутствие классовой бдительности и советского патриотизма, ведение без разрешения партийных и советских органов переговоров о постановке своего доклада и печатание своих работ в Финляндии. Из 95 работников КНИИ 14 сотрудникам предъявлено обвинение в происхождении из враждебных классов и контрреволюционной деятельности. Впоследствии принято постановление о закрытии КНИИ.

В начале войны при Отделении геолого-географических наук АН СССР создана Комиссия научной помощи Красной армии под председательством А.Е. Ферсмана. Он отмечал, что война зовёт геологов на передовые позиции борьбы и ставит новые задачи перед геологической мыслью [10]:

«1. Использование геологических данных для фортификационных сооружений, постройки убежищ, дотов и дзотов, проходки траншей и окопов. В этих целях необходим учёт данных геоморфологии местности, геологической структуры, мощности почвенного слоя и т.д. Особую роль играют твёрдость и трещиноватость пород.

2. Использование данных геологического строения местности для сооружения минных галерей и подземных складов. В этом случае необходимо знание как геологического строения, так и гидрогеологических условий местности.

3. Изучение вопросов гидрогеологии в целях учёта водных условий в разные времена года для осушения и искусственного обводнения местности.

4. Изучение гидрологических условий местности, поверхностных вод, источников, неглубоких водных горизонтов для водоснабжения районов расположения крупных войсковых единиц.

5. Всесторонняя характеристика грунтов, почвы и подпочвы с точки зрения проходимости разных видов вооружения и транспорта при разных метеорологических условиях. Эта проблема тесно связана с проходимостью в зависимости от крутизны склонов, водных и горных рубежей, залесенности и других географических и геоморфологических факторов.

6. Изучение и использование местных материалов (поиски, разведка, организация добычи):

а) строительных камней разного типа;

б) дорожных материалов (песка, гравия, щебня, получение клинкера и т. д.);

в) топливных материалов (угля, сланца, торфа и т.д.)».

Военные инженеры относили Карельский фронт к «некультурному» (изобилие лесов, болот и озёр, бездорожье представляли трудность для инженерного обеспечения действий войск) и особенно нуждались в помощи геологов. Командиром военно-геологического отряда Карель-

ского фронта был назначен известный геоморфолог К.К. Марков. Военные геологи выполнили поставленные задачи на Карельском фронте.

В разные годы А.Е. Ферсман возвращался к проблемам освоения карельских недр. Вероятно, Карелия стала для него притягательным краем с белыми безмолвными ночами, когда «светится белая, белая, белая ночь напролёт... и не понять, то ли в озеро небо упало, и не понять, то ли озеро в небе плывёт...»

#### Список литературы

1. Ферсман А.Е. Об открытии радиоактивных урановых руд в Карелии // Вестник Карело-Мурманского края. 1925. № 30. С. 15-16.
2. Ферсман А.Е. Несколько геохимических мыслей о полезных ископаемых Карельской республики // Карело-Мурманский край. 1932. № 3-4. С. 9-11.
3. Ферсман А.Е. Перспективы ископаемых богатств Карело-Мурманского края // Беломор.-балт. комб. 1934. № 1. С. 7-13.
4. Ферсман А.Е. Геохимия России. Изд-во Хим.-теор. лит., 1922. 214 с.
5. Академик А.Е. Ферсман. Избранные труды / Гл. ред. Д.С. Белянкин. М.: изд-во АН СССР, 1953. Т. 2. 768 с.
6. Ферсман А.Е. Пегматиты. 1932. Т. 2. Изд. 2. 665 с.
7. Академик А.Е. Ферсман. Избранные труды / Отв. ред. Д.П. Сердюченко. М.: изд-во АН СССР, 1960. Т. 6. 742 с.
8. Ферсман А.Е. Воспоминания о камне. М.-Л.: Гослитиздат, 1940. 138 с.
9. Титов А.Ф., Саватеев Ю.А. Карельский научный центр Российской академии наук: история и современность (краткий очерк). Петрозаводск: изд-во КарНЦ РАН, 2006. 158 с.
10. Ферсман А.Е. Геология и война. М.-Л.: изд-во АН СССР, 1943. 44 с.

# Фоторепортаж

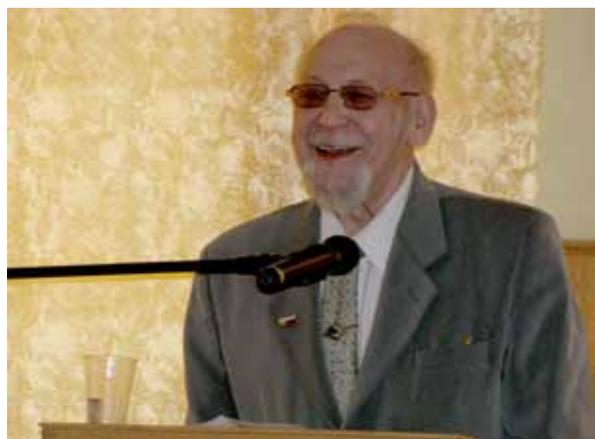


**Photoaccount**













# Хроника



# Chronicles



# Ушбинский вестник

6 мая 2010 года, № 18 (1082) Еженедельная газета. Издаётся с 5 апреля 1999 года.

## О минералах и истории

В Геологическом институте прошла VII Всероссийская Фермановская научная сессия, посвящённая 80-летию Кольского научного центра Российской академии наук.

Работа сессии по традиции была разделена на три сессии: «История науки», «Минералогия месторождений Кольско-Кольского региона», «Технологическая, техническая и экспериментальная минералогия». С приветственным словом к собравшимся обратилась почетный гость из Санкт-Петербурга, представитель председателя Российского минералогического общества профессор Алексей Газзов.

— Фермановская научная сессия — это грандиозное событие для такого маленького города. — заметил он.

В работе форума участвовали учёные из Апатитов, Москвы, Санкт-Петербурга и Петрозаводска. Из Москвы привезла кандидата геолого-минералогических наук Евгения Борисовича Халезова.

— Евгений Борисович дежурной сядет на колених у Ферсмана, — рассказал о госте директор геологического института КНЦ РАН Юрий Волговский. — Его мать была ученицей и соратницей академика Ферсмана, она в числе первых геологов и минералогов прибыла в Хибинны. Евгения Борисовича пошла по стопам матери, закончила университет и на практике была здесь, в Хибинях. Это было уже после войны.

ма не прекращались научные исследования, многие из них были направлены на решение авиационных задач: поддержку сельского хозяйства, военную промышленного комплекса, разведку стратегического сырья. В Кировске силами 6 штатных единиц велась большая работа по выведению морозостойких сортов растений; сохранению фонда ботанического сада, обследованию почв Кольского полуострова. Кольская база в своём первоначальном виде вернулась в Кировск в 1944 году.

Историческая сессия, как всегда, была богата на интересные факты. Присутствующие узнали о вкладе Ферсмана в развитие Кировки, о неизвестных страницах истории геолого-геохимической службы КНЦ в 1930-е годы и о первой поездке Ферсмана на Кольский полуостров и историю исследования Дюньинского озера Имандра.

Были заслушаны доклады лауреата премии имени А.С. Ферсмана докторов наук Александра Петровича Халезова (Москва) и Олега Борисовича Дудкина (Апатиты). В секции «Минералогия месторождений Кировско-Кольского региона» учёные обсудили новые находки и новые идеи об обогащении минералов, а в секции «Биогеологическая, техническая и экспериментальная минералогия» поделились результатами новых практических исследований.

Все доклады, прослушанные во время работы научной сессии, будут опубликованы и рассмотрены участниками мероприятия.

Марина Мизина



Кандидат геолого-минералогических наук Евгения Халезова

машину, которая принадлежала Ферсману. Теперь этот экспонат пополнил экспозицию музея геологического института КНЦ РАН.

Кандидат исторических наук Евгения Борисовна Халезова представила большое исследование обольского учёного-геолога Евгения Борисовича Халезова со студенческими в Кировске и Архангельске. Всё это вре-

среди них были и сотрудники Кольской базы АН СССР. 18 тысяч человек было эвакуировано сразу после первого авианалёта. Кольская база была также эвакуирована в Сметынкар, позже была реорганизована в Базу АН СССР по изучению слёда со студенческими в Кировске и Архангельске. Всё это вре-

## МАШИНКА, НА КОТОРОЙ РАБОТАЛ ФЕРСМАН



Евгения Халезова вручила апатитчанам драгоценный раритет.

Зоя КАБЫШ, фото автора, Апатиты

Удивительные вещи происходят на Ферсмановских чтениях. На этой научной сессии, что каждую весну проводится силами Геологического института КНЦ РАН и Кольского отделения Минералогического общества России, оказываешься порой словно вне времени. Почтенные ли академические стены тому виной, портрет ли самого Александра Евгеньевича Ферсмана... Но дух этого замечательного ученого уж точно пронизывает все происходящее - на него ссылаются, его труды цитируют, как стихи, им восхищаются. И здесь можно встретить людей, которые знали его лично и, более того, привезли с собой вполне настоящий привет из той удивительной эпохи. Но обо всем по порядку.

Итак, в Апатитах прошла седьмая по счету Всероссийская Ферсмановская научная сессия. На этот раз в ней приняли участие ученые-геологи из Петрозаводска, Москвы, Санкт-Петербурга, Апатитов. Второй день сессии был посвящен специальным докладом по минералогии, а первый открыла секция, посвященная истории науки на Севере. Впрочем, нет. Сначала Кольское отделение Минералогического общества (кстати, самое

крупное из региональных) приняло в свои ряды еще одного члена - перспективного аспиранта Алексея Чернышова. Алексей занимается проблемой золотености Кольского полуострова. Каков будет его путь в науке, сейчас загадывать не стоит, однако первые шаги очень даже обнадеживают старших коллег. Благо, что есть на кого равняться, и как раз на Ферсмановских чтениях «живых легенд» увидеть и услышать можно запросто.

ритет - пишущую механическую машинку, на которой работал сам академик Ферсман.

Если бы не любовь Халезовой к Хибинам и здешнему Геологическому институту, не видать бы Апатитам этого ценного дара, который займет теперь почетное место в музее истории института. Машинка эта досталась дарительнице от подруги, которая в свое время выкупила ее у вдовы академика. Подруга попросила подарить машинку какому-нибудь институту, где чтут память Александра Евгеньевича. Так и омутилась «Континенталь» в Апатитах и, конечно, нельзя было лучше угадать момент передачи дара, чем открытие Ферсмановской сессии.

Да, о славном прошлом и перспективном настоящем геологии здесь можно узнать не только из докладов, но и из первых уст. Можно пообщаться, например, с лауреатами премии имени академика Ферсмана докторами геолого-минералогических наук Олегом Дудкиным из Апатитов или Александром Хомяковым из Москвы... Кстати, на счету Александра Петровича - без малого его открытий новых минералов. Это абсолютный рекорд в России и второй результат в мире (определил его только один американский ученый). Об уникальности минерального мира Хибин можно поговорить также с хорошим его знатоком Евгением Каменевым, о жизни Российского минералогического общества - с его председателем профессором Алексеем Плазовым из Санкт-Петербурга...

- Такие научные сессии помогают решать сразу много задач, - комментирует происходящее Юрий Войтеховский. - Это и пропаганда фундаментальных знаний, и формирование научного мировоззрения у молодых ученых, и знакомство с историей науки. Скушно жить, лишь отработывая зарплату, - ученому, особенно молодому, всегда нужна какая-то сверхзадача. Ферсмановские чтения, по нашей задумке, как раз и должны будоражить ум и пробуждать вдохновение... Кажется, конференции с этой задачей справляется.

Вот, скажем, почетный гость из Москвы Евгений Халезов. Из Москвы-то из Москвы, но Хибинны для нее тоже родные: еще девочкой она обживала вместе с мамой, ученицей и соратницей Ферсмана, первую Кольскую научную базу под названием «Инетти» и не раз сидела у академика на коленях. Здесь же проходили ее студенческие практики, здесь бывала в геологических экспедициях - и всегда, по собственному признанию, с грустью расставалась с Хибинами.

На нынешней сессии Евгения Борисовна выступила с воспоминаниями о некоторых послевоенных экспедициях по Хибинским и Ловозерским тундрам. А затем вручила директору Геологического института и председателю Кольского отделения Минералогического общества профессору Юрию Войтеховскому ценный ра-

# Хи́бинский вестник

29 апреля 2010 года № 17 (1081) Еженедельная газета. Издаётся с 5 апреля 1989 года.

## Краевед идёт по следу

Представьте себе встречу золотоискателей, которые, перелопатив горы породы, демонстрируют добытые драгоценные самородки. То же происходит и на конференциях работников музеев и краеведов. Только они исследуют недра архивов и библиотек.

### Под покровом тайны

22 и 23 апреля сотрудники Кировского историко-краеведческого музея принимали коллег во Дворце культуры. Здесь состоялась областная конференция, посвящённая 75-летию музея. Схватились музейные работники из городов области, широким фронтом выступил Кольский научный центр. Уровень участников внушает уважение, что ни фамилии, то кандидат или доктор наук. Действительно, с блестящим докладом можно сравнить с самородком. Коллеги рукоплещут, оценив колоссальный труд,

зловонный в 15-минутное выступление, радуются находкам, любят строить логические построения. Темы докладов (их было около 20) разнообразны, как сама жизнь.

Краевед Борис Ржевский отыскал в архиве технической библиотеки ОАО «Апатит» отчёт правительственной комиссии о расследовании событий трагической ночи 5 декабря 1935 года, когда под лавиной погибло 88 человек. Это десятки страниц интереснейшей информации, томографические планы и масса подробностей о разрушенных домах.

— Всё, что на эту тему прежде публиковалось, основывалось лишь на

нескольких сообщениях из газеты «Ириновский рабочий», так как материалы на эту тему не были доступны для исследователей, — говорит Борис Николаевич.

### Снежный дракон

В ту ночь сошло семь лавин. Две из них обрушились на посёлок Лукивучурр, разрушив или повредив, как выяснилось, восемь (!) домов (прежде говорилось только о двух). Первая, меньшая по размеру лавина, оказывается, также вошла в барак. Она разделила одноэтажный барак, затем выбила окна и сдвинула перегородки ещё в двух домах — вытаскивали из-под снега людей. Если учесть, что по пути снежный дракон сшиб паровоз на железной дороге, который своей массой потянул часть энергетик лавины, то число жертв могло быть значительно больше. Вторая лавина на фронте 150 метров разрушила дома № 28 и 30 на улице Комсомольской, повредила дом № 25 на другой стороне улицы (его по-



Дом-музей имени С.М. Кирова, 1935–1941 годы

том разобрали). Но тогда раньше не говорилось, что эта лавина по-вредила ещё четыре дома.

Был сделан, вероятно, единственный в мире томографический замер объёма лавины. Велась теодолитная съёмка, в толще снега выкопали 27 шурфов. Объём снега в двух лавинах составил 47 и 86 тысяч кубометров, немного меньше газометрических оценок. Увы, фотографий в деле не оказалось. Вероятно, они хранятся где-то в архивах НРВД.

### Стройка-привидение

Лоботыный доклад о поезде Николае Рубцове представила Маргарита Салтан, заведующая комнатой истории Хибинского технического колледжа. На слайдах аудиообъектив-барак, в котором жил поэт. Последние три месяца своей учёбы он успевал поминать с комфортом в новом здании на Хибинской 31. Маргарита Анатольевна догадывает, что в творчестве поэта существовал хибинский цикл. С экрана в зал смотрит Людмила Плякина, студентка маркшейдерского отделения, которой Николай Рубцов незадолго до отъезда подарил знаменитое стихотворение

«Буметь» («Я буду долго гнать велосипеди»). А учительница литературы, которая поддерживала поэта в его творчестве, оказывается, была очень красивой женщиной.

Краевед Сергей Тарараксин рассказал о неизвестных страницах строительства Северного горнохимического комбината. В 30-х годах планировали под Кандакской комплексно перерабатывать апатитовый концентрат. Сергей Владимирович выяснил, как шёл выбор площадки, что уже успели построить, прекратили как неперспективную, а её руководители Василий Кондриков и Георгий Гебер были признаны кредителю. В результате Белом море осталось чистым, так как все отходы планировали сбрасывать туда без очистки. Сохранились и нерестовые лососёвые реки, где собирались построить каскады электростанций.

Несколько интересных докладов представили учёные институтов КНЦ РАН. Доклад Е.А. Камнева, заведующего сектором экономики минеральных ресурсов Севера Института экономических проблем, коллеги даже оценили криками «бравво!».

Наталья Кузнецова



Борис Ржевский, Сергей Тарараксин и Александр Токмаев. Обмен мнениями

# ДВАЖДЫ

№ 18 (1012) 7 мая 2010 г.



## Ученые живут активно!

**Апатиты. Кольский научный центр - сейчас и 65 лет назад**

Учтеные в Кольском научном центре в Апатитах. Фото: А. Радомский.

Юлия Радомская,  
писатель и фотокорреспондент

### ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ РАБОТА

Наша экспедиция базировалась в озере Ильме, у подножия гир Кардустур и Аллуайв. Разбиты мы лагерь, стали брать образцы, в середине дня решили побойдаться. Радомский хлеб и асы оставил, адрог - прокотил! Только мы отбежали в сторону, как камни накрыло взор нашу площадку...

Евгений Халезов, кандидат геолого-минералогических наук из Москвы, проведя лето в Хибинах, рассказывала об экспедициях, в которых принимала участие, с юмором и с восторгом. Де доклад так и замялся: - "Маршруты 1947-50 годов".

Прелесть геологической профессии - гитинг! Как остроумный роман слушать. И фотографии на экране смотрим. - В другой раз решил бы Андрей за мной отправить. Он ушел и пропал. Игорь пошел его искать, я осталась одна... Следующий - возле палатки шаш, оказалась это местный. Они рассказывали мне, что в окрестностях ходят дьяволы обманчивые уполыноки. Мне стало страшно. Чубови скоротать время, взяла в клубы-то еженедельно почитать, не глядя, раскрывала, и пер-

ладом "Кольские ученые в годы Великой Отечественной войны".

Немало войны Кольская база встретила с Фроловым. На 23-25 июня была запланирована конференция. Она прошла, как положено, а на следующий день в Москве состоялось внеочередное заседание Академии наук, на нем решили отправить все силы на борьбу, сделать все возможное для Победы. Разернулось деловитость, напряженная на оборону, промышленность, сельское хозяйство. Так академия мобилизовалась в помощь армии.

Заслуга Иванова читает документы, написанные Фроловым, и говорит, что никаких особых документов в те дни не представляли, все шло от души, от сердца. Точно так же, как и восток, успешнее обобщали общие проблемы - питались воду в Карголахе или вырвется ли в этом году шиповник. Люди выжили в войну. Кто знал, что она продлится так долго.

После авиационного налета на Кировск и железнодорожного пути, который случился 28 июня, Кольское направление эвакуировали в Сялволавар, а здесь остались небольшая группа ученых, всего шесть человек, - продолжил рассказ Елена Макарова. - В условиях войны и буровой аварии они занимались научными экспериментами - разрабатывали технологии производства пемзы без сагара, исследовали пемзу. А ПОСВИР и "Индустрия" вместе решили селекционировать стеновые проблемы. Картошка, которую мы все любили, развелась в тех условиях. А вперед был трудность восстановления минералогического общества - самое трудное после Москвы и Санкт-Петербурга. Люди к нам идут, намерное, потому что мы живем активной



Елена Макарова, кандидат геолого-минералогических наук, завучающая научным архивом КНЦ РАН, рассказывает о работе в жаркой темноте в буре вилы.

скараутини лет, привели несколько закладаний, рассказывается императором. Клетки на территории лесов Юрий Войтецкий, директор Геологического института КНЦ.

Кольское отделение Российского минералогического общества - самое трудное после Москвы и Санкт-Петербурга. Люди к нам идут, намерное, потому что мы живем активной

лази об истории Кольской науки, а на

## Содержание Contents

**Войтеховский Ю.Л.** Открытие VII Всероссийской Ферсмановской научной сессии, посвящённой 80-летию Кольского НЦ РАН . . . . . 3

### ДОКЛАДЫ ЛАУРЕАТОВ ПРЕМИИ ИМ. АКАД. А.Е. ФЕРСМАНА

#### REPORTS OF ACAD. A.E. FERSMAN'S PRIZE LAUREATES

**Дудкин О.Б.** Об уникальности минерального мира Хибин . . . . . 5  
**Dudkin O.B.** On the uniqueness of the Khibiny mineral world . . . . . 5

**Хомяков А.П.** Кубо-триклинная инверсия общей системы минеральных видов и её связь со структурно-симметричными особенностями минералов щелочных пород . . . . . 9  
**Khomyakov A.P.** Cubic-triclinic inversion of the overall mineral system and its relation to structural and symmetry features of minerals of alkaline rocks . . . . . 9

### МИНЕРАЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАРЕЛО-КОЛЬСКОГО РЕГИОНА

#### MINERALOGY OF THE KARELIA-KOLA REGION DEPOSITS

**Балашов Ю.А., Мартынов Е.В., Балашова Л.Г.** Редкие земли в цирконах Ковдорского массива . . . . . 15  
**Balashov Yu.A., Martynov E.V., Balashova L.G.** Rare Earths in the zircons from the Kovdor massif . . . . . 15

**Борисова В.В., Волошин А.В.** Новые поступления в музей Геологического института КНЦ РАН . . . . . 17  
**Borisova V.V., Voloshin A.V.** New acquirements to the museum of the Geological Institute KSC RAS . . . . . 17

**Бубнова Т.П., Гаранжа А.В., Скамницкая Л.С.** Типоморфные особенности ставролитов пялкъярвинской свиты и Хизоваарской структуры . . . . . 19  
**Bubnova T.P., Garanzha A.V., Skamnitskaya L.S.** Typomorphic peculiarities of staurolites from the Pyalkjarvy series and Khizovaara structure . . . . . 19

**Войтеховский Ю.Л., Лютоев В.П., Чернявский А.В.** Кварц золоторудных проявлений Пана-Куоляярвинской структуры . . . . . 22  
**Voytekhovskiy Yu.L., Lutoev V.P., Chernyavskiy A.V.** Quartz of the gold-bearing localities of the Pana-Kuolajarvi structure . . . . . 22

**Волошин А.В., Чернявский А.В., Войтеховский Ю.Л., Савченко Е.Э.** Y-REE минералы и минералы группы циркона из рудных зон Панареченской вулкано-тектонической структуры . . . . . 26  
**Voloshin A.V., Chernyavskiy A.V., Voytekhovskiy Yu.L., Savchenko E.E.** Y-REE minerals and zircon group minerals from the Panarechka volcanic-tectonic structure ore zones . . . . . 26

**Волошин А.В., Чернявский А.В., Войтеховский Ю.Л., Савченко Е.Э.** Минералы системы Bi-Te-S Панареченского эпитегрмального Au-Ag месторождения . . . . . 29  
**Voloshin A.V., Chernyavskiy A.V., Voytekhovskiy Yu.L., Savchenko E.E.** Minerals of Bi-Te-S system of the Panarechka epithermal Au-Ag deposit . . . . . 29

**Грошев Н.Ю.** Новые данные о платиноносности Фёдоровотундровского массива . . . . . 35  
**Groshev N.Yu.** New data on the Pt mineralization of Fedorova tundra massif . . . . . 35

**Данилевская Л.А., Скамницкая Л.С.** Месторождение жильного кварца перчатка: история освоения, геолого-минералогические особенности, новые подходы к оценке сырья 39  
**Danilevskaya L.A., Skamnitskaya L.S.** Perchatka vein quartz deposit: the history of development, geological and mineralogical peculiarities, new approaches to the raw materials estimation . . . . . 39

**Ильченко В.Л.** Пространственные вариации анизотропии упругих свойств горных пород, современная геодинамика и поиск полезных ископаемых . . . . . 44  
**Iľchenko V.L.** Space variations of anisotropy of rocks elastic properties, contemporary geodynamics and prospecting for minerals . . . . . 44

<b>Каменев Е.А.</b> Рудные поля Хибинских месторождений. . . . .	49
<b>Kamenev E.A.</b> Ore fields of the Khibiny apatite deposits . . . . .	49
<b>Ковалёв С.Г.</b> О благороднометальной специализации гипербазитовых массивов Крака . . . . .	51
<b>Kovalev S.G.</b> On the noble metal specialization of the Kraka hyperbasic massifs . . . . .	51
<b>Коноплева Н.Г., Пахомовский Я.А., Базай А.В., Калашников А.О., Корчак Ю.А., Яковенчук В.Н., Иванюк Г.Ю.</b> Рассеянная благороднометальная минерализация Ковдорского массива. . . . .	56
<b>Konopleva N.G., Pakhomovsky Ya.A., Bazay A.V., Kalashnikov A.O., Korchak Yu.A., Yakovenchuk V.N., Ivanyuk G.Yu.</b> Disseminated noble metal mineralization of the Kovdor massif . . . . .	56
<b>Корчак Ю.А., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П., Иванюк Г.Ю.</b> «Ведьмины кольца» циркона и монацита-(се) в роговиках Хибинского массива. . . . .	59
<b>Korchak Yu.A., Pakhomovsky Ya.A., Men'shikov Yu.P., Ivanyuk G.Yu.</b> «Fairy rings» of zircon and monacite-(Ce) in hornfels of the Khibiny massif . . . . .	59
<b>Корчак Ю.А., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П., Иванюк Г.Ю.</b> Роговики овоидной текстуры в Хибинском и Ловозёрском массивах . . . . .	61
<b>Korchak Yu.A., Pakhomovsky Ya.A., Men'shikov Yu.P., Ivanyuk G.Yu.</b> The ovoid-structure hornfels in the Khibiny and Lovozero massifs . . . . .	61
<b>Кузнецов В.С.</b> Источники благороднометальной минерализации в межрудных сланцах КМА . . . . .	63
<b>Kuznetsov V.S.</b> The sources of the noble-metal mineralization in the inter-ore shales of КМА . . . . .	63
<b>Куликов В.С., Куликова В.В., Бычкова Я.В.</b> Коматииты и их производные – история и проблема идентификации. . . . .	67
<b>Kulikov V.S., Kulikova V.V., Bychkova Ya.V.</b> Komatiites and their derivatives – history and identification problem . . . . .	67
<b>Нерадовский Ю.Н.</b> О генезисе параморфического кианита в месторождениях Кейв. . . . .	74
<b>Neradovsky Yu.N.</b> On the genesis of paramorphic kyanite in the Keivy deposits. . . . .	74
<b>Нивин В.А.</b> Распределение и происхождение газообразных алканов в минералах нефелин-сиенитовых массивов . . . . .	76
<b>Nivin V.A.</b> Distribution and origin of gase-like alkanes in minerals of nepheline-syenite massifs . . . . .	76
<b>Рундквист Т.В., Гребнев Р.А., Припачкин П.В.</b> Магматическая стратификация центральной части массива Вурэчуайвенч . . . . .	81
<b>Rundkvist T.P., Grebnev R.A., Pripachkin P.V.</b> Magmatic stratification of the central part of the Vurechuaivench massif . . . . .	81
<b>Рундквист Т.В., Мокрушин А.В., Мирошникова Я.А., Базай А.В.</b> О происхождении хромитонесущих дунитов массива Сопча. . . . .	85
<b>Rundkvist T.V., Mokrushin A.V., Miroshnikova Ya.A., Bazay A.V.</b> On the origin of the chromite-bearing dunites of the Sopcha massif . . . . .	85
<b>Рундквист Т.В., Сапожков Д.И.</b> Особенности строения разреза Восточно-Панского массива . . . . .	88
<b>Rundkvist T.V., Sapozhkov D.I.</b> Compositional peculiarities of the East Pana massif section . . . . .	88
<b>Рыборак М.В., Альбеков А.Ю.</b> Золоторудная минерализация орогенного типа Курского мегаблока Воронежского кристаллического массива . . . . .	92
<b>Ryborak M.V., Al'bekov A.Yu.</b> Ore-bearing mineralization of orogenic type in the Kursk megablock of the Voronezh crystalline massif . . . . .	92
<b>Степенщиков Д.Г.</b> Определение ориентировки кубических кристаллов в средах с предельными группами симметрии . . . . .	94
<b>Stepenshchikov D.G.</b> Determination of cubic crystals orientation in the media with limit symmetry groups. . . . .	94
<b>Степенщиков Д.Г., Войтеховский Ю.Л.</b> О реальных ромбических и тетрагональных дипирамидах . . . . .	97
<b>Stepenshchikov D.G., Voytekhovskiy Yu.L.</b> On the real rhombic and tetragonal dipyramides . . . . .	97

<b>Степенщиков Д.Г., Войтеховский Ю.Л.</b> Взаимные переходы комбинаторно различных октаэдров . . . . .	98
<b>Stepenshchikov D.G., Voytekhevsky Yu.L.</b> The mutual transitions of combinatorially different octahedra . . . . .	98
<b>Степенщиков Д.Г., Войтеховский Ю.Л.</b> Реальные тетрагональные скаленоэдры. . . . .	102
<b>Stepenshchikov D.G., Voytekhevsky Yu.L.</b> The real tetragonal scalenohedra . . . . .	102
<b>Чернявский А.В., Волошин А.В., Борисова В.В., Борисов А.Е., Пахомовский Я.А.</b> Самородные Cu и Ag в эффузивах Имандра-Варзуги . . . . .	106
<b>Chernyavsky A.V., Voloshin A.V., Borisova V.V., Borisov A.E., Pakhomovsky Ya.A.</b> Native Cu and Ag in the Imandra-Varzuga effusives . . . . .	106
<b>Чернявский А.В., Войтеховский Ю.Л., Волошин А.В., Савченко Е.Э.</b> Рудные минералы Панареченского эпитегрмального малосульфидного Au-Ag месторождения . . . . .	109
<b>Chernyavsky A.V., Voytekhevsky Yu.L., Voloshin A.V., Savchenko E.E.</b> Ore minerals of the Panarechka epithermal fine-sulphide Au-Ag deposit. . . . .	109
<b>Шпаченко А.К., Нерадовский Ю.Н., Савченко Е.Э.</b> Аргентопентландит Ковдорского массива. . . . .	115
<b>Shpachenko A.K., Neradovsky Yu.N., Savchenko E.E.</b> Argentopentlandite of Kovdor massif . . . . .	115
<b>Щипцов В.В., Данилевская Л.А., Бубнова Т.П., Скамницкая Л.С.</b> База данных промышленных минералов Карелии. . . . .	118
<b>Shchiptsov V.V., Danilevskaya L.A., Bubnova T.P., Skamnitskaya L.S.</b> The data base of industrial minerals of Karelia . . . . .	118

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ, ТЕХНИЧЕСКАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МИНЕРАЛОГИЯ

#### TECHNOLOGICAL, TECHNICAL AND EXPERIMENTAL MINERALOGY

<b>Бельская Л.В., Солоненко А.П., Голованова О.А.</b> Экспериментальное исследование биоминералообразования в присутствии аминокислот . . . . .	124
<b>Bel'skaya L.V., Solonenko A.P., Golovanova O.A.</b> Experimental study of biomineralization process with the amino acids . . . . .	124
<b>Годнева М.М., Рыськина М.П., Мотов Д.Л., Пахомовский Я.А.</b> Новые соединения – фторофосфатоцирконаты Cs . . . . .	129
<b>Godneva M.M., Rys'kina M.P., Motov D.L., Pakhomovsky Ya.A.</b> New fluoride-phosphate-zirconate compounds of Cs . . . . .	129
<b>Калинкин А.М., Мазухина С.И., Калинкина Е.В., Гуревич Б.И., Тюкавкина В.В., Серова Е.С.</b> Влияние механоактивации нефелина на его реакционную способность в гидротермальных процессах: термодинамическое и экспериментальное моделирование . . . . .	132
<b>Kalinkin A.M., Mazukhina S.I., Kalinkina E.V., Gurevich B.I., Tyukavkina V.V., Serova E.S.</b> Influence of mechanical activation of nepheline at its reactivity in hydrothermal processes: thermodynamic and experimental modeling . . . . .	132
<b>Каржавин В.К.</b> C-H соотношение в карбонат-алмазообразующей системе . . . . .	135
<b>Karzhavin V.K.</b> C-H relation in the carbonate-diamond-forming system . . . . .	135
<b>Кшуманёва Е.С., Касиков А.Г., Усачёва Т.Т., Нерадовский Ю.Н.</b> Реакционная способность Co-Ni тиошпинелей . . . . .	138
<b>Kshumanyova E.S., Kasikov A.G., Usachyova T.T., Neradovsky Yu.N.</b> Reaction capability of Co-Ni tiospinels . . . . .	138
<b>Лащук В.В., Беляева Т.В., Усачёва Т.Т.</b> Влияние геологических факторов на качество строительного щебня из гранитов месторождения «Приозёрное». . . . .	143
<b>Lashchuk V.V., Belyayeva T.V., Usachyova T.T.</b> Impact of geological factors on the quality of the building rock debris from granites of the Priozyornoye deposit . . . . .	143
<b>Мельник Н.А., Икконен П.В.</b> Радиоактивность некоторых горных пород восточной части Карельского кратона. . . . .	146
<b>Mel'nik N.A., Ikkonen P.V.</b> Radioactivity of some rocks from the East Karelian craton . . . . .	146
<b>Солоненко А.П., Голованова О.А., Ишутина В.С.</b> Синтез брушита. . . . .	150
<b>Solonenko A.P., Golovanova O.A., Ishutina V.S.</b> Synthesis of brushite. . . . .	150

- Тришина О.М., Ковалевский М.В., Горбачевич Ф.Ф.** Изменение упруго-анизотропных свойств горных пород в скважине ОКУ под давлением. . . . . 151  
**Trishina O.M., Kovalevsky M.V., Gorbachevich F.F.** Variation of elastic-anisotropic properties of rocks in the OKU borehole under pressure. . . . . 151

## ИСТОРИЯ ОСВОЕНИЯ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА HISTORY OF THE KOLA NORTH DEVELOPMENT

- Даувальтер В.А.** История исследований донных отложений оз. Имандра . . . . . 156  
**Dauval'ter V.A.** The history of the Imandra lake benthic sediments study . . . . . 156
- Дудорева Д.А.** Топонимика Хибин . . . . . 161  
**Dudoreva D.A.** The Khibiny toponymy . . . . . 161
- Дюжиллов С.А.** Геолого-геохимическая служба «Тиетты» в 1930-е гг.: малоизвестные и ненаписанные страницы . . . . . 165  
**Dyuzhilov S.A.** Geological-Geochemical Survey of the «Tietta» in the 1930's: little-known and unwritten pages of history . . . . . 165
- Кулешова И.Н.** Алексей Иванович и Прасковья Дмитриевна Антиповы . . . . . 170  
**Kuleshova I.N.** Alexey Ivanovich and Praskovya Dmitrievna Antipovs. . . . . 170
- Куруч О.Е.** Из истории зарождения земледелия на Кольском п-ове . . . . . 175  
**Kuruch O.E.** From the history of the land use originating on the Kola Peninsula . . . . . 175
- Лукьянова Л.М., Москалёва В.И.** Полярно-альпийский ботанический сад. О тех, кто был первым . . . . . 179  
**Lukyanova L.M., Moskalyova V.I.** Polar-Alpine Botanical Garden. On those who was the first . . 179
- Макарова Е.И., Петров В.П., Токарев А.Д.** Кольские учёные в годы Великой Отечественной войны (1941-1945) . . . . . 182  
**Makarova E.I., Petrov V.P., Tokarev A.D.** Kola scientists in the years of the Great Patriotic War (1941-1945) . . . . . 182
- Мотов Д.Л.** Технологическое решение проблемы перовскита . . . . . 187  
**Motov D.L.** Technological decision of the perovskite problem . . . . . 187
- Пивоварова Т.В.** Первые учреждения культуры в архивных документах . . . . . 193  
**Pivovarova T.V.** First cultural institutions in archive documents . . . . . 193
- Писарева Т.М., Виноградов А.Н.** Музей как центр воспитания культуры природопользования на Крайнем Севере. . . . . 196  
**Pisareva T.M., Vinogradov A.N.** Museum as a centre for cultivating the sustainable nature management on the Extreme North . . . . . 196
- Раменская М.Е.** О дополнении к биобиблиографии А.Е. Ферсмана . . . . . 200  
**Ramenskaya M.E.** On addition to A.E. Fersman's biobibliography . . . . . 200
- Ржевский Б.Н.** Обстоятельства и причины лавинной катастрофы 1935 г. в Хибинах . . . . . 211  
**Rzhevsky B.N.** Circumstances and causes of the avalanche calamity of 1935 in the Khibiny . . . 211
- Саморукова А.Г. В.И.** Немирович-Данченко: виденное и слышанное в Хибинах . . . . . 215  
**Samorukova A.G. V.I.** Nemirovich-Danchenko: the seen and the heard in the Khibiny. . . . . 215
- Тарараксин С.В.** Северный горно-химический комбинат: несостоявшееся строительство и его последствия . . . . . 218  
**Tararaxin S.V.** Northern Mining-Chemical Plant: abandoned construction and its results . . . . . 218
- Токарев А.Д., Каменев Е.А.** Первая поездка А.Е. Ферсмана на Кольский п-ов в 1920 г. (о дате поездки и составе делегации) . . . . . 220  
**Tokarev A.D., Kamenev E.A.** A.E. Fersman's first trip on the Kola Peninsula in 1920 (on the trip date and membership) . . . . . 220
- Травин И.А.** Изучение исторического городского ландшафта в рамках визуальной антропологии . . . . . 223  
**Travin I.A.** The study of the historical town landscape in the framework of the visual anthropology . . . . . 223
- Халезова Е.Б.** Воспоминания о маршрутах 1948-50 гг. . . . . 226  
**Khalezova E.B.** Memories on the routes of 1948-1950's. . . . . 226

<b>Химчук Е.П.</b> Кировскому историко-краеведческому музею – 75 лет . . . . .	230
<b>Khimchuk E.P.</b> The Kirovsk Museum of the Local History is 75. . . . .	230
<b>Шабалина О.В., Пация Е.Я.</b> Музей-архив истории изучения и освоения Европейского Севера ЦПП КНЦ РАН в системе культурно-исторической памяти . . . . .	233
<b>Shabalina O.V., Patsiya E.Ya.</b> Museum-Archive of History of Study and Development of the European North CHP KSC RAS in the system of cultural-historical memory. . . . .	233
<b>Шпаченко А.К.</b> Геолог Н.И. Берлинг. Материалы к биографии . . . . .	237
<b>Shpachenko A.K.</b> Geologist N.I. Berling. Materials to biography . . . . .	237
<b>Шпаченко А.К., Войтеховский Ю.Л.</b> История Почётного отзыва и медали РМО им. А.И. Антипова . . . . .	242
<b>Shpachenko A.K., Voytekhovsky Yu.L.</b> The history of A.I. Antipov’s Honorary Testimonial and Medal of the Russian Mineralogical Society . . . . .	242
<b>Щипцов В.В.</b> А.Е. Ферсман и Карелия . . . . .	247
<b>Shchiptsov V.V.</b> A.E. Fersman and Karelia . . . . .	247
<b>ФОТОРЕПОРТАЖ</b> . . . . .	251
<b>PHOTOACCOUNT</b> . . . . .	251
<b>ХРОНИКА</b> . . . . .	257
<b>CHRONICLES</b> . . . . .	257

*Труды VII Всероссийской Ферсмановской научной сессии,  
посвящённой 80-летию Кольского научного центра РАН (2-5 мая 2010 г.),  
и Областной конференции, посвящённой 75-летию историко-краеведческого музея  
г. Кировска (22-23 апреля 2010)*

*Апатиты–Кировск, 2010*

*Рекомендовано к печати Советом Кольского отделения РМО  
и Учёным советом Геологического института КНЦ РАН*

*Научное некоммерческое издание выпущено при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований (грант 09-05-06019-г)  
и департамента экономического развития правительства Мурманской обл.*

*Отпечатано в ООО К & М*

*184209 г. Апатиты Мурманской обл., ул. Ферсмана, д. 17 а  
тел. / факс (881555) 77329*

*Тираж 100 экз.*

